

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)



СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2022

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

(16–18 марта 2022 года)

Материалы конференции

Ухта
УГТУ
2022

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2022
МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
(16-18 марта 2022 г.)

УДК [5+6](061.3)

ББК 94

К 65

Конференция XXIII Международная молодёжная научная (16-18 марта 2022 г.; Ухта).

К 65 Севергеоэкотех – 2022 : материалы конференции. – Ухта : УГТУ, 2022. – 922 с. –
Текст: электронный.

ISBN 978-5-6045346-3-2

Представлены доклады XXIII Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2022», проведённой Ухтинским государственным техническим университетом 16-18 марта 2022 года.

Рассмотрены актуальные проблемы, отражающие широкий спектр научных направлений. В сборнике представлены доклады по следующим темам: автоматика и электротехника, бурение, геология и геофизика, инжиниринг технологических машин и оборудования, компьютерные технологии, математическое моделирование, механика и современные информационные технологии, морское нефтегазовое дело в условиях арктического шельфа, проектирование, сооружение и эксплуатация магистральных нефтегазопроводов и нефтебаз, строительство, технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, техносферная безопасность, устойчивое развитие социально-экономические и финансовые аспекты, физические и химические методы исследования вещества, экология, землеустройство и природопользование, экономика и управление.

УДК [5+6](061.3)

ББК 94

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, профессор Агинея Р.В. (гл. редактор); канд. экон. наук. Лепшке Г.Н. (зам. гл. редактора); Тетеревлева Е.В.; канд. техн. наук Неежмаков С.В.; канд. техн. наук Коптяев Д.Л.; канд. техн. наук Каменских С.В.; канд. геол.-минерал. наук Ростовщиков В.Б.; канд. геол.-мин. наук Тимохова О.М.; канд. физ.-мат. наук Смирнов Ю.Г.; канд. техн. наук Мотрюк Е.Н.; д-р техн. наук, профессор Быков И.Ю.; канд. техн. наук Борейко Д.А.; канд. экон. наук Мучкина Л.И.; канд. техн. наук Савич В.Л.; канд. техн. наук Семиткина Е.В.; канд. техн. наук Дуркин В.В.; канд. техн. наук Дорогобед А.Н.; канд. техн. наук Киборт И.Д.; канд. техн. наук Михайленко Е.В.; канд. техн. наук Нор Е.В.; канд. физ.-мат. наук Богданов Н.П.; Григорьева Т.А.; д-р геогр. наук Осадчая Г.Г.; профессор, канд. экон. наук Павловская А.В.; доцент Саматова Т. Б.; начальник международного отдела Рочева А. В.; специалист по работе со студентами ВО и СПО в сотрудничестве со странами дальнего зарубежья Панкратова В. Н. (члены прогр. комитета); Мавлютов Р.Т. (секретарь).

Материалы, помещённые в настоящий сборник, даны в авторской редакции с минимальными правками.

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка: Конева В. В.

© Ухтинский государственный технический университет, 2022

ISBN 978-5-6045346-3-2

План 2022 г., позиция 002(н).

Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman. Формат 60×84 1/16.

Уч.-изд. л. 48,5. Заказ № 370.

Ухтинский государственный технический университет.
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.....	18
Актуальность создания активного магнитного подвеса для высокоскоростных электромеханических систем <i>Рожкин В.Д.</i>	
<i>Научный руководитель – Щетинин Е.В.</i>	18
Анализ проблемы применения шагового двигателя с червячным редуктором <i>Уляшев А.Е., Старцев А.Э.</i>	22
Исследование снижений коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях поселка Шексна Шекснинского района Вологодской области <i>Полетаева С.Н.</i>	26
Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях <i>Карабанов Б.Д., Чукилев А.Е.</i>	29
Измерительные оптические трансформатора тока и напряжения <i>Редькин Л.К., Васькин Д.Д.</i>	
<i>Научный руководитель - Тетеревлева Е.В.</i>	36
Перспективы водорода в мировой энергетике <i>Блоцкий В.Р., Полетаев С.В.</i>	40
Оценка электрического поля высоковольтной ЛЭП при обрыве линии <i>Андреев А.А., Безносиков К.П.</i>	44
СЕКЦИЯ 2. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО	47
Архитектурная концепция школы будущего <i>Алехина Я.А., Миронюк А.В.</i>	47
Архитектурная концепция музея «Первая нефть» <i>Траат Л.А., Миронюк А.В.</i>	53
Изучение архитектуры города ухты на основе документов архивного отдела администрации МОГО «УХТА» <i>Сорокин К.С.</i>	59
«Безымянный» участок в городе: архитектурные сценарии развития места <i>Габов В.Ю., Коптяев Д.Л.</i>	62
Заполнение «пустот» Старого города: проблема и пути решения <i>Фёдорова В.А., Коптяев Д.Л.</i>	68
Концепция архитектурно-ландшафтной организации территории жилой застройки 1960-х годов в центральной части города <i>Траат К.А., Коптяев Д.Л.</i>	79
СЕКЦИЯ 3. БУРЕНИЕ	87
Использование механического лубриканта ALPINE DRILL BEADS в буровых растворах <i>Политов Н.М.</i>	
<i>Научный руководитель - Цуканова А.Н.</i>	87
Анализ опыта ведения ловильных работ на площадях и месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции <i>Кузечкин Д.В.</i>	
<i>Научный руководитель - Каменских С.В.</i>	93

Модифицированный асбестовый наполнитель как материал для предотвращения поглощений бурового раствора <i>Горячевский А.С.</i> <i>Научный руководитель – Уляшева Н.М.</i>	97
Оценка применимости роторно-управляемых систем бурения в условиях шельфа <i>Артемьев С.С.</i> <i>Научный руководитель – Савельев Д.Ю.</i>	104
Анализ новейших способов повышения эффективности наклонно-направленного бурения нефтегазовых скважин <i>Кушнер Л.Е.</i>	107
Самоупрочняющиеся полимерные криогели с техническим углеродом в качестве нерастворимого наполнителя и их применение на объектах обустройства нефтяных и газовых месторождений <i>Павловский В.Г.</i>	110
Применение машинного обучения с целью предупреждения осложнений и аварий в процессе бурения <i>Щербаков Р.Э.</i>	114
Анализ шламограммы как метода оценки устойчивости ствола скважины <i>Макаров А.С., Логачев Ю.Л.</i>	120
Анализ гидравлической программы цементирования обсадной эксплуатационной колонны на Приобском месторождении <i>Хорошилов Р.А.</i> <i>Научный руководитель – Логачёв Ю.Л.</i>	124
СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА	130
Истина железных руд и магнитных полей <i>Литвинова М.И.</i> <i>Научный руководитель - Заборовская В.В.</i>	130
Перспективы нефтегазоносности гряды Чернышева <i>Терентьев А.Е.</i> <i>Научный руководитель – Маракова И.А.</i>	133
Прогноз нефтегазоносности Предуральского краевого прогиба и основные направления геологоразведочных работ (ГРР) <i>Осколкова М.Д.</i> <i>Научный руководитель – Сбитнева Я.С.</i>	139
Анализ размещения и изменения свойств нефтей в терригенных отложениях пермско-триасового возраста в северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции <i>Осколкова М.Д.</i> <i>Научный руководитель – Маракова И.А.</i>	145
Комплексный подход к изучению перспектив нефтегазоносности Верхнепечорской впадины <i>Вельтистова О.М., Сабельников М.Ю.</i>	147
Анализ возможностей российской аэромагниторазведки и аэроэлектроразведки для решения различных задач в геологоразведке <i>Уторов Д.А.</i> <i>Научный руководитель - Демченко Н.П.</i>	152

Применение новых технологий при контроле за состоянием недр подземных вод и технического состояния водозаборных сооружений (скважин) на примере водозаборов ООО «Газпром трансгаз Ухта» <i>Медведев А.В.</i> <i>Научный руководитель – Желязков И.И.</i>	158
Характеристика коллекторских свойств D2-D3 Кыртаельского месторождения <i>Попова Е.К.</i> <i>Научный руководитель – Овчарова Т.А.</i>	163
Подбор параметров систем наблюдений съемок МОГТ-3D с учетом успешного решения геологических задач и оптимизации стоимости полевых работ <i>Василенко С.А.</i> <i>Научный руководитель - Вельтистова О.М.</i>	165
Особенности геологического строения и программа поисково-оценочных работ на Юньяхинской площади <i>Бугаева Е.В.</i> <i>Научный руководитель – Маракова И.А.</i>	170
Перспективы поисков залежей нефти нижедевонско-силурийских отложений Цильегорской депрессии <i>Мусинская Е.С.</i> <i>Научный руководитель - Ростовицков В.Б.</i>	173
Прогнозирование зон АВПД и безаварийная проводка скважин с помощью механического и газового каротажа Тамбейского НГКМ <i>Шандыбин А.А.</i> <i>Научный руководитель - Овчарова Т.А.</i>	176
Оценка современной сейсмологической обстановки территории Узбекистана по комплексу прогностических параметров <i>Арзиев А.Ш., Маматказин М.А., Арзиева Ш.Ш.</i> <i>Научный руководитель - Демченко Н.П.</i>	183
Вулканизм. Вулкан на острове Ла-Пальма <i>Тургенева О.О.</i>	189
Обманчивая красота минералов <i>Шутов Д.А.</i> <i>Научный руководитель - Бакулина Л.П.</i>	192
Особенности геологического строения и обоснование перспектив нефтегазоносности доманикового горизонта на Южно-Лыжском месторождении <i>Бугаева Е.В.</i> <i>Научный руководитель – Заборовская В.В.</i>	198
СЕКЦИЯ 5. ИНЖИНИРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ...201	
Важность утилизации автомобильных шин <i>Гомзииков Б.В.</i> <i>Научный руководитель - Тимохов Р.С.</i>	201
Оценка эксплуатационной технологичности лесозаготовительных машин на примере предприятия ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРВИС» <i>Черевань В.С.</i>	204
Технические решения гибридизации лесных машин <i>Вычерова Н.Р.</i> <i>Научный руководитель – Тимохова О.М.</i>	208

СЕКЦИЯ 6. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	214
Марк Цукерберг и алгоритмы социальных сетей <i>Литвинова М.И.</i>	
<i>Научный руководитель - Кудряшова О.М.</i>	214
3D-принтеры. Сферы применения <i>Рочева В.В.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.</i>	217
Нейросетевое распознавание геолого-геофизической информации <i>Аристов А.И.</i>	221
Разработка приложения для автоматизации расчётов физических величин с использованием современных компьютерных технологий <i>Стрюков П.В., Герберт Д.В.</i>	224
Интеллектуальные технологии. Голосовые помощники <i>Круслякова Е.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.</i>	227
Применение цифровых двойников в геологии <i>Шутов Д.А., Соибов Б.С.</i>	
<i>Научный руководитель - Смирнов Ю.Г.</i>	230
Выбор системного программного обеспечения вычислительного кластера <i>Дворецкая П.С., Соловьев С.Е., Крутецкий Е.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.</i>	234
Проект кластера на базе персональных компьютеров компьютерного класса <i>Соловьев С.Е., Дворецкая П.С., Крутецкий Е.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.</i>	237
Разработка системы навигации с использованием дополненной реальности <i>Валеева Д.А., Гафарова О.О., Николенко Т.А.</i>	241
Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных оценок эффективности алгоритмов сортировок числовых массивов <i>Шабанов А.Н., Николенко Т.А.</i>	244
Выбор архитектуры учебного кластера <i>Крутецкий Е.С., Соловьёв С.Е., Дворецкая П.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.</i>	247
Изучение рисков концепции интернета вещей <i>Стрельников Е.В.</i>	250
IT- технологии в нефтегазовой отрасли: умная скважина <i>Воронин Н.А., Рогачевский И.М.</i>	
<i>Научный руководитель - Шилова С.В.</i>	253
СЕКЦИЯ 7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	257
Вероятностные методы в расчетах показателей надежности технических систем <i>Сазанова Н.В.</i>	257
Треугольник Рёло в машиностроении <i>Кислицын К.А., Додонов А.В.</i>	262
Пример применения многокритериальных методов принятия решений <i>Стрюков П.В., Герберт Д.В.</i>	269
Прочностная оценка работоспособности шестерни с учётом геометрии зуба. Эвольвентное зацепление, зацепление Новикова <i>Аршинов И.А., Черепанова М.А.</i>	
<i>Научный руководитель – Савич В.Л.</i>	272
Математическая модель двойной пористости <i>Чувашов Н.А.</i>	

<i>Научный руководитель – Кунцев В.Е.</i>	280
Гидравлический расчет трубопровода <i>Ланцова М.А.</i>	284
Исследование погрешности приближенных формул в теории вероятностей <i>Хомутникова У.И.</i>	287
Оценка денежных доходов населения на основе экспоненциального распределения <i>Головешкина М.С.</i> <i>Научный руководитель – Габова М.Н.</i>	290
Расчёт тепловых потерь теплоизоляционных материалов для нефтепроводов <i>Автамонов В.А., Хламов В.А.</i> <i>Научный руководитель – Лютое А.А.</i>	295
СЕКЦИЯ 8. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	300
Анализ технического состояния НКТ в условиях коррозии и разработка мер по борьбе с ней <i>Витязев И.И.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	300
Методика расчёта топливной системы и камеры сгорания для адаптации газотурбинной установки к работе на метано-водородном топливе <i>Автамонов В.А.</i> <i>Научный руководитель – Борейко Д.А.</i>	303
Оптимизация затрат путём замены насосных агрегатов JN-320 производства NovaRotors на насосные агрегаты Netzsch для перекачки нефтеперекачивающей жидкости с повышенным содержанием механических примесей <i>Балин С.А.</i>	308
Анализ современного состояния и перспектив развития водогнетательной арматуры <i>Белых А.Д.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	310
Анализ устройства детандеров объёмного типа для редуцирования природного газа с оценкой их конструктивных преимуществ <i>Белых В.А.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	316
Анализ причин снижения работоспособности винтовой насосной установки с поверхностным приводом в условиях повышенного газосодержания <i>Бессолов Д.А.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	321
Разработка экспериментального стенда для исследования формоизменения резьбового соединения <i>Денисов М.А.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	327
Анализ причин возникновения вибраций в центробежных насосах магистральных нефтепроводов и разработка мероприятий для снижения их уровня <i>Хабаров М.В.</i> <i>Научный руководитель - Быков И.Ю.</i>	332
Долото двухшарошечное с разработкой конструкции центризатора-калибратора <i>Хламов В.А.</i> <i>Научный руководитель – Борейко Д.А.</i>	336

Повышение эффективности разделения жидких смесей в колонных массообменных аппаратах путем применения термических эффектов <i>Санников И.В., Мадышев И.Н.</i>	339
СЕКЦИЯ 9. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ.....	342
Оценка неопределенности измерений при проведении калибровки резервуаров вертикальных стальных <i>Отев К.С., Базарова А.М., Лиджиев Б.С.</i>	342
Аналитические методы измерения кинетики полимеризации и напряжений композитов на основе смол <i>Базарова А.М., Отев К.С., Мучкинова Л.И.</i>	345
СЕКЦИЯ 10. МЕХАНИКА И ГРАФИКА	350
Использование метода компьютерной анимации для анализа кинематики сложных механизмов <i>Набиева Е.М.</i> <i>Руководитель – Михитаров А.Р.</i>	350
Методика оценки скоростей локализованной коррозии и повышения хрупкости металла труб нефтегазопроводов <i>Рылько Н.М., Попова Л.В.</i> <i>Научный руководитель – Чувашиов А.А.</i>	353
Применение прикладных программ при построении чертежей в работе специалиста по промышленной безопасности <i>Сазанова Н.В.</i>	355
Моделирование вероятности неразрушения деталей машин при случайном комбинированном воздействии <i>Шевельдин К.А., Сазанская Д.Е.</i> <i>Научный руководитель – Савич В.Л., Крючков С.В.</i>	360
Анализ влияния параметра дефекта на перераспределение неоднородности материала после испытаний на растяжение <i>Васильев Н.С., Медведев Д.Ю.</i> <i>Научный руководитель — Савич В.Л., Малинин В.Г.</i>	362
Применение основ начертательной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности <i>Вершинин А.С.</i> <i>Научный руководитель – Думицкая Н.Г.</i>	365
СЕКЦИЯ 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СООРУЖЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И НЕФТЕБАЗ	369
Исследование напряженно-деформированного состояния трубопровода с бетонным покрытием в мерзлом грунте <i>Бельский С.Г., Голик В.В., Земенкова М.Ю.</i>	369
Разработка комплексной системы оценки геотехнического состояния газотранспортной системы в зоне многолетнемерзлых грунтов / (Development of an integrated system for assessing the geotechnical state of the gas transmission system in the permafrost zone) <i>Белый Р.Е.</i>	375
Обеспечение эффективности проектирования и строительства магистральных трубопроводов в сложных условиях окружающей среды <i>Ефимова К.А., Чижевская Е.Л.</i>	382
Совершенствование методики оценки коррозионной агрессивности грунта на территории промышленных площадок <i>Филиппов С.Ю., Яворская Е.Е.</i>	

<i>Научный руководитель - Исупова Е.В.</i>	386
Разработка защитного полимерного антикоррозионного покрытия для трубопроводов, оборудования и конструкций, работающих в агрессивных средах <i>Хабаров Е.А., Григорьева Т.А., Терентьева М.В., Хабарова З.В.</i>	392
Применение технологии улавливания паров нефти и нефтепродуктов при испарении вследствие больших дыханий <i>Харитонов В.С., Пабузин Е.В.</i> <i>Научный руководитель – Третьякова М.В.</i>	397
Анализ технологий оттаивания мерзлого грунта при капитальном ремонте магистрального трубопровода <i>Латин Н.С.</i> <i>Научный руководитель – Терентьева М.В.</i>	402
Анализ нормативной документации, регламентирующий порядок, способы и критерии оценки технического состояния магистральных газонефтепроводов <i>Григорьев С.И.</i>	407
Исследование транспортировки метано-водородной смеси по действующим газопроводам <i>Лаврова С.В., Шестаков Р.А.</i>	421
Оптимизация процесса вытеснения нефти из участка магистрального нефтепровода, при проведении ремонтных работ с помощью ИГС <i>Лукаш А.А.</i> <i>Научный руководитель – Федоров В.Т.</i>	427
Разработка беспилотного комплекса для мониторинга объектов магистрального транспорта нефти <i>Луцан А.В.</i>	430
Измерения напряженно-деформированного состояния нефтегазопровода на основе внутритрубных инспекционных приборов с применением инклинометров <i>Шкутов И.В.</i>	433
Применение гидроабразивного комплекса для ремонта магистральных и площадных объектов магистрального нефтепровода <i>Шкутов И.В.</i>	435
Выбор оптимальной температуры подогрева при перекачке высоковязкой нефти по трубопроводу <i>Черных В.Т., Перегудова А.С.</i>	438
Расчет и подбор сечения усовершенствованной конструкции фундамента газораспределительной станции <i>Ревичев К.С.</i> <i>Научный руководитель – Терентьева М.В.</i>	442
Исследование загрязнений осевого компрессора ГТУ и способов их очистки <i>Шелгинский И.Д.</i>	446
Мероприятия по ремонту участка магистрального газопровода подверженного коррозионному растрескиванию под напряжением <i>Волкова С.А.</i> <i>Научный руководитель – Алефиров И.А.</i>	451
Активная катодная защита газопроводов от коррозии <i>Юрецкая Н.Н.</i> <i>Научный руководитель - Вишератин В.А.</i>	454
Разработка комплекса измерения напряженно-деформированного состояния нефтегазопровода на основе внутритрубных инспекционных приборов с применением инклинометров <i>Шкутов И.В.</i> <i>Научный руководитель - Агиней Р.В.</i>	459

Противокоррозионная защита переходов трубопроводов через естественные и искусственные препятствия <i>Шкутов И.В.</i> <i>Научный руководитель - Яворская Е.Е.</i>	463
СЕКЦИЯ 12. РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	468
Исследование закономерностей получения сшитых полимерных систем для технологий повышения нефтеотдачи пластов <i>Гаффанова Р.И., Мингазов Р.Р.</i>	468
Эффект от применения закачки CO ₂ в нефтяной пласт на примере гидродинамической секторной модели <i>Гончаров И.П., Воробьёв М.А.</i>	475
Сравнительный анализ способов профилирования проводников вертикальных шахтных стволов <i>Грибунина К.А., Новоженин С.Ю.</i>	479
Применение метода характеристик вытеснения для анализа разработки объекта БС6 тепловского нефтяного месторождения <i>Полубоярцев Е.Л., Ильясов В.Х., Бобрин М.М., Сергеев А.В.</i>	481
О необходимости повышения дозировок ингибиторов коррозии для защиты нефтепромыслового оборудования от локальной углекислотной коррозии <i>Исхакова Г.Р.</i> <i>Научный руководитель – Маркин А.Н.</i>	485
Обработка и анализ результатов ГДИ методом КВУ в скважинах пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения <i>Михайлова Ю.Е.</i> <i>Научный руководитель – Дуркин В.В.</i>	492
Применение закрытой системы нефтесбора для снижения температуры в горной выработке уклонного блока 4Т-4 <i>Махмудов А.Э., Михеев С.С.</i>	497
Опыт применения многостадийного гидроразрыва пласта на Самотлорском месторождении <i>Савельев Я.В.</i>	503
Оптимизация добычи на Морском месторождении нефти (шельф Вьетнама) <i>Шарыпов В.В.</i> <i>Научный руководитель - Дуркин В.В.</i>	507
Анализ эффективности применения гидравлического разрыва пласта на Шельфовом нефтяном месторождении <i>Сумароков С.И.</i>	512
Особенности применения пароциклических обработок скважин для добычи высоко-вязкой нефти и битума <i>Суркова К.С.</i> <i>Научный руководитель – Жангабылов Р.А.</i>	515
Оценка качества свабиrowания по данным системы контроля свабиrowания <i>Тетерина К.С., Рочев А.Н.</i>	520
Анализ эффективности применения пакера-клапана для борьбы с парафиноотложениями <i>Ворона А.А.</i>	524
Расчет основных параметров трещин гидроразрыва пласта с целью предотвращения обрушения горный пород на Приобском нефтяном месторождении <i>Сафиуллина Е.У., Ямкин М.А.</i>	528

Выбор системы разработки скважинами с горизонтальными окончаниями для газонефтяной залежи с подстилающей водой <i>Шагиахметов А.М., Смирнов В.А., Юценко С.С.</i>	531
Разработка технологических параметров при вибрационной обработке скважин нефтяного пласта <i>Рагимова М.С., Намазова Г.И., Сулейманов Ш.М., Рзаева Х.Дж.</i>	536
Выбор и установление технологического режима эксплуатации газовых скважин <i>Маммадова Г.Г.</i>	539
СЕКЦИЯ 13. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	544
Технологии Open Source как основной фактор развития инноваций в области цифровых преобразований <i>Базарова А.М.</i>	544
Разработка мобильного приложения «Технический осмотр общего имущества многоквартирного дома» <i>Бажукова Д.П.</i> <i>Научный руководитель – Кожевникова П.В.</i>	548
Изменение результатов построения петрофизических моделей при увеличении размеров расчетной сетки <i>Чувашов А.А., Кожевникова П.В., Мушинский В.Л.</i>	553
Использование модулей Builder и STARS гидродинамического симулятора CMG для построения модели двойной пористости неоднородного нефтяного коллектора <i>Чувашов Н.А.</i> <i>Научный руководитель – Кунцев В.Е.</i>	560
Перспективы развития микропроцессорных систем <i>Дворецкая П.С., Соловьев С.Е., Крутецкий Е.С.</i> <i>Научный руководитель – Базарова И.А.</i>	564
Разработка информационной системы «Спортклуб «Пауэр-Ухта» <i>Ионов В.А.</i> <i>Научный руководитель - Кудряшова О.М.</i>	568
Опыт эксплуатации подсистемы производственного контроля на объектах ГРС ООО «Газпром трансгаз Ухта» <i>Климович М.В.</i> <i>Научный руководитель – Сюткин Е.В.</i>	575
Проблема защиты данных в современном мире <i>Крутецкий Е.С., Соловьев С.Е., Дворецкая П.С.</i> <i>Научный руководитель – Базарова И.А.</i>	577
Разработка мобильного приложения «Рабочее место техника водоканала» <i>Липин А.И.</i> <i>Научный руководитель - Кожевникова П.В.</i>	582
Разработка информационной системы «Электронный журнал преподавателя» <i>Молчанов Д.А., Шилова С.В.</i>	585
Разработка информационной системы «Детский центр «Кубик» <i>Осташова Я.В.</i> <i>Научный руководитель - Дорогобед А.Н.</i>	588
Быстродействие обработки коллекций в различных окружениях языка C# <i>Рочев К.В., Базарова А.И.</i>	601
Наука о данных и Python <i>Ясеновец А.В., Семяшкин Е.А.</i> <i>Научный руководитель - Сочко С.С.</i>	605

Роль и влияние внедрения процессорных технологий в социальную среду <i>Соловьев С.Е., Дворецкая П.С., Крутецкий Е.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Базарова И.А.</i>	610
Разработка системы измерения параметров шагового двигателя на основе ПЛИС <i>Уляшев А.Е.</i>	
<i>Научный руководитель – Старцев А.Э.</i>	612
СЕКЦИЯ 14. СТРОИТЕЛЬСТВО	616
Выбор оптимальных параметров для оценки социально-экономической эффективности при рассмотрении применимости комплексных транспортных развязок <i>Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И.</i>	616
Возможность использования легкобетонных и керамических блоков для многоэтажного строительства <i>Кольм А.А.</i>	
<i>Научный руководитель – Веряскина Е.М.</i>	619
Вентиляция бассейна <i>Кожанова Н.В.</i>	
<i>Научный руководитель - Иванова Е.С.</i>	626
Конструктивные особенности высотных зданий с металлическим каркасом <i>Ямброськин М.В.</i>	
<i>Научный руководитель - Девальтовский Е.Э.</i>	628
СЕКЦИЯ 15. ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ	636
Использование неликвидной древесины в производстве пеллет <i>Бояркина А.С.</i>	
<i>Научный руководитель – Михайленко Е.В.</i>	636
Сравнительный анализ вездеходов для лесного комплекса <i>Чемшикова Ю.М.</i>	641
К вопросу об организации лесопильного цеха по производству обрезных пиломатериалов <i>Нурутдинов Э.Р.</i>	
<i>Научный руководитель – Коломинова М.В.</i>	644
Использование пиломатериалов при добыче углеводородов шахтным способом <i>Михеевский Е.В.</i>	
<i>Научный руководитель - Бурмистрова О.Н.</i>	648
Создание калькулятора расчета объема древесины и поставов в программе JavaScript <i>Мордвинов Ю.А.</i>	
<i>Научный руководитель – Король С.А.</i>	652
СЕКЦИЯ 16. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	656
Интерактивная система дистанционного обучения работников организации вопросам техносферной безопасности <i>Бабушкин П.П.</i>	656
Совершенствование системы безопасности эксплуатации газового оборудования котельной <i>Блинова А.Ю.</i>	
<i>Научный руководитель – Грунковой Т.В.</i>	659
Психологическая подготовка пожарного в период службы <i>Черкасова М.С.</i>	661

Повышение надёжности функционирования объекта дублированием и резервированием технологического (технического) оборудования Сосногорского ЛПУМГ КЦ № 1, 2 <i>Гонтарук К.П.</i> <i>Научный руководитель – Климова И.В.</i>	665
Исследование устойчивости работы центробежного насоса <i>Фатхуллин К.Д., Грунковой Т.В.</i>	667
Обзор примеров применения нейросети как средства для повышения уровня безопасности на производстве <i>Мамонтова Н.В.</i>	671
Анализ систем пожаротушения в торговых центрах <i>Митрофанов Б.А.</i> <i>Научный руководитель – Жуйков А.Е.</i>	673
Шум и вибрация на промышленных предприятиях <i>Орлова О.Ф., Ларионов Т.Д.</i> <i>Научный руководитель – Жуйков А.Е.</i>	677
Нормативное регулирование обеспечения работников СИЗ <i>Поликарпова М.В.</i> <i>Научный руководитель - Нор Е.В.</i>	680
Сравнительный анализ средств поиска пострадавших из под завалов <i>Смирнова В.Д.</i> <i>Научный руководитель - Поликарпова М.В.</i>	683
Перспективные направления повышения надёжности промысловых нефтепроводов <i>Грунковой Т.В., Нор Е.В., Потапов Ю.А.</i>	687
СЕКЦИЯ 17. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА.....	691
Оценка КПД тепловых (мартенситных) двигателей <i>Стрюков П.В., Герберт Д.В., Суханов А.А.</i> <i>Научный руководитель - Богданов Н.П.</i>	691
Электрохимическое определение унитиола в водных растворах <i>Гурьянов Н.А.</i> <i>Научный руководитель - Хлынова Н.М.</i>	695
Оценка однородности водо-битумных эмульсий <i>Иванова М.И., Емельянычева Е.А.</i>	698
Применение физических законов в прецизионных оптических приборах <i>Калинина Т.В.</i> <i>Научные руководители - Шамбулина В.Н., Ильясов В.Х.</i>	701
Математическое моделирование вязкости Ярегской нефти <i>Корсаков К.А.</i>	705
Диаманитная левитация <i>Орлова О.Ф., Ларионов Т.Д.</i> <i>Научный руководитель – Шамбулина В.Н.</i>	710
СЕКЦИЯ 18. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	714
Определение размера частиц и дзета-потенциала анионного поверхностно-активного вещества на основе пальмитиновой и стеариновой кислот <i>Фатхутдинова А.А.</i>	714
Разработка новейшего материала для изоляции трубопроводов, на основе модифицированной битумно-латексной эмульсии <i>Хабаров Е.А., Терентьева М. В., Хабарова З. В.</i>	718

Исследование стойкости композиционного эпоксиполимерного материала <i>Некрасов К.А.</i>	720
Проблема утилизации отходов после реагентной обработки в процессах водоподготовки <i>Нагибина А.В., Новокрещенова И.Р.</i>	723
Квантово – химическое исследование процесса образования гидратов <i>Паплевченков В.С., Качесов И.А., Засовская М.А.</i>	725
Постановка методики определения скорости коррозии гравиметрическим методом <i>Садыков Т.И.</i>	730
СЕКЦИЯ 19. ЭКОЛОГИЯ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	733
Разработка проекта межевания территории в целях установления границ земельных участков <i>Антонова Н.В.</i> <i>Научный руководитель – Сератирова В.В.</i>	733
Особенности применения наземных методов фотограмметрической съемки <i>Асеева А.О.</i> <i>Научный руководитель – Саприн С.В.</i>	737
Разработка способа очистки сточной воды, образующееся при получении фенолзамещающей фракции из жидких продуктов быстрого пиролиза древесины <i>Бикбулатова Г.М., Валеева А.Р., Валиуллина А.И.</i>	740
Биосорбционная очистка сточных вод с использованием сорбционного материала на основе растительных отходов <i>Дао М.У., Сироткин А.С., Клементьев С.В., Нгуен В.Т., Ты Т.Ч., Ле В.Т.</i>	743
Экодиагностика административных районов Республики Коми с использованием метода эколого-хозяйственного баланса <i>Дроздова А.Р., Сажин А.А.</i>	747
Комплексная характеристика населения муниципального образования городского округа «Ухта» Республики Коми <i>Федорова К.Т.</i> <i>Научный руководитель – Лазарева В.Г.</i>	750
Комплексная характеристика населения Архангельской области <i>Франчук Ю.С.</i> <i>Научный руководитель – Лазарева В.Г.</i>	755
Актуальные вопросы и проблемы перераспределения земельных участков <i>Гулина В.С.</i> <i>Научный руководитель – Пильник Ю.Н.</i>	762
Разработка проекта планировки территории для установления границ планируемого размещения объектов нефтепроводной системы <i>Гулина В.С.</i> <i>Научный руководитель – Сератирова В.В.</i>	765
Применение трехмерного моделирования в рамках оценки эрозии почв <i>Кириенко А.В.</i>	769
Оценка содержания тяжелых металлов в почвах города Ухта <i>Басюк А.С., Скребенков Е.А., Уляшев А.В.</i>	773
Ферментативная активность почвы как показатель ее качества <i>Дроздова А.Р.</i>	777
Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды на территории нефтяного месторождения <i>Лаврентьева А.В., Федак А.Н.</i>	780

Подходы к рекультивации техногенно-засоленных почв элювиальных и пойменных ландшафтов Западной Сибири <i>Носова М.В., Середина В.П.</i>	784
Применение лазерного сканирования при построении цифровой модели <i>Патраков П.В.</i> <i>Научный руководитель - Саприн С.В.</i>	787
Оценка качества атмосферного воздуха на территории Ухтинского детского парка методом лишеноиндикации <i>Резниченко В.В.</i>	790
Снижение углеродного следа и внедрение технологий альтернативного получения углеводов в Республике Коми <i>Савельев Д.Ю., Борисов Е.Д.</i>	795
Современные способы переработки отходов обогащения железной руды <i>Семенова А.И., Матвеева В.А.</i>	800
Характеристика Территориальной схемы обращения с отходами в Республике Коми <i>Уткин Р.О., Попова Ю.Е.</i> <i>Научный руководитель – Быкова М.В.</i>	804
Современное состояние организации благоустройства городских территорий в России <i>Видзон Е.В.</i> <i>Научный руководитель - Саприн С.В.</i>	809
Основные направления предотвращения разливов нефти в Арктическом бассейне <i>Митько А.В., Сидоров В.К.</i>	813
СЕКЦИЯ 20. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	819
Экономические аспекты эффективности переработки твердых коммунальных отходов <i>Чупрова В.Н.</i> <i>Научный руководитель – Саматова Т.Б.</i>	819
Совершенствование тарифа на коммунальную услугу по обращению с твердыми коммунальными отходами <i>Гуляева А.П.</i>	825
Проект цифровой трансформации в бюджетной сфере <i>Комлина Е.Е.</i>	829
Управление бизнес-процессами по повышению эффективности добычи нефти в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» <i>Стамбулова А.А., Красова А.А., Завьялов Д.Ю.</i> <i>Научный руководитель - Павловская А.В.</i>	832
Некоторые вопросы увеличения пенсионных накоплений <i>Набиева Е.М.</i> <i>Научный руководитель – Каюков В.В.</i>	835
Оценка геолого-экономической эффективности разработки программы доразведки Кыртаельского месторождения <i>Попова Е.К.</i> <i>Научный руководитель - Пармузин П.Н.</i>	840
Сравнительный анализ классической политэкономии и кейнсианства в контексте текущей экономической ситуации <i>Сафонкин А.В.</i>	844
Опыт работы с персоналом при внедрении системы электронного документооборота в вузе на примере филиала Ухтинского государственного технического университета в городе Усинске <i>Чугункина И.В., Шайганова А.А.</i>	846

Эффективность услуг западных компаний на отечественном рынке нефтегазового сервиса <i>Ситков С.А.</i>	
<i>Научный руководитель – Павловская А.В.</i>	849
Экономическое развитие буровых организаций в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции <i>Трохов В.В.</i>	853
Развитие «зелёной» экономики в Республике Беларусь до 2025 года <i>Жодик А.Ю.</i>	856
Эффективность магистрального транспорта газа в России <i>Зуевская Ю.А.</i>	
<i>Научный руководитель – Павловская А.В.</i>	860
СЕКЦИЯ 21. INTERNATIONAL COOPERATION AS A TOOL OF UNIVERSITY'S EDUCATIONAL POTENTIAL IMPROVEMENT.....	864
International cooperation on oil and gas education and development in producing countries <i>Fabunmi S.F.</i>	864
How to attract Chinese students to study mining, forestry and petroleum in northern Russia? <i>Wang Yujia, Valeriia Pankratova</i>	866
Effects of thermal and chemical treatment on the rheological properties and resumption pressure of high-paraffin oil transported by the «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva» oil pipeline <i>Lyuosev V.V., Mikheev D.M., Tarsin A.V.</i>	
<i>Scientific supervisors - Nekuchaev V.O., Borisova O.V.</i>	869
Methods of creating artificial oil <i>Palamarchuk V.I.</i>	
<i>Научный руководитель - Жангабылов Р.А.</i>	875
Международное сотрудничество в области цифровой трансформации нефтяного бизнеса и нефтегазового образования <i>Иддрис Р.</i>	
<i>Научный руководитель – Андрухова О.В.</i>	877
Competence based approach in the higher education system <i>Polyakov A., Abbasov H.</i>	881
Prospects for the development of international partnership between business and universities in the oil and gas industry <i>Polyakov A., Kapembwa W., Latynina A.</i>	886
Practical training of Further education students in the oil and gas industry: the experience of the USTU Usinsk branch <i>Pichko N., Pichko A., Chugunkina I.</i>	888
International cooperation between Russian and UAE oil and gas universities in the field of experience exchange <i>Lavrenyuk M.</i>	892
HR Provision in the development of the Arctic territories: the role of USTU <i>Ratier N.I., Kirsanov I.D.</i>	895
HR Provision in the development of the Arctic territories, the role of universities <i>Ratier N., Ogorodnikov D.</i>	898
Socio-economic aspects of the development of hard-to-recover heavy oil reserves <i>Ignatskaya L.Ya.</i>	900
Current problems for university entrance in the oil and gas industry <i>Abbasov H., Polyakova I.</i>	903

The impact of COVID-19 on the international cooperation between companies and universities in the oil and gas industry <i>Karimbwa W., Polyakov A.</i>	905
Мировые тенденции в нефтехмии: синтез высших углеводородов по методу Фишера-Тропша (СФТ) <i>Ратиер Н.И.</i>	907
Структурные и технологические особенности повышения надежности газотурбинных приводов для нефтегазовой промышленности <i>Михайлов Д.А., Шейко Е.А., Пичко Н.С., Пичко А.П., Михайлов А.Н.</i>	912
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	920

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.313

Актуальность создания активного магнитного подвеса для высокоскоростных электромеханических систем

Рожкин В.Д.

Научный руководитель – Щетинин Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта. Россия

Повышение мощности и скорости вращения ротора электрических машин, а также улучшение энергоэффективных и массогабаритных качеств, привело к проблеме надежности самих подшипниковых узлов. В настоящее время, данная проблема обостряется всё сильнее, особенно в условиях арктического климата в районах крайнего севера. В таких географических зонах, как Республика Коми находится большое количество месторождений полезных ископаемых, например, нефть и природный газ. Они добываются, транспортируются по всей стране и за ее пределы мощными насосами и турбинами, вращаемыми электродвигателями мощностью в несколько мегаватт.

Так же быстрый технический прогресс и осваивание все новых и новых технологий, вынуждает усовершенствовать имеющиеся подшипники или же создавать новые их типы, использующих иные физические процессы. Сейчас растет спрос на подвижные опоры, способные работать в вакууме, в сверхнизких и сверхвысоких температурах, в агрессивных средах, в условиях, где необходима стабилизация вала двигателя. Обыкновенные механические подшипники почти достигли своего технологического максимума, ввиду используемых в них физических процессов. Что делает невозможным применение их в условиях, упомянутых ранее.

Основной их недостаток – это механический контакт и необходимость в смазке подшипников качения и необходимость в постоянной подаче смазки и герметичности подшипников скольжения.

Все вышеперечисленные факторы привели к созданию нового типа подшипников – электромагнитных подвесов. Их создано большое количество видов, использующих совершенно различные электромагнитные и электростатические явления, но практическую ценность представляют именно активные электромагнитные подшипники (далее АМП или ЭМП).

В настоящее время активные магнитные подшипники уже используются в нефтегазовой промышленности. «ООО Газпром трансгаз» активно использует ЭМП в своих газоперекачивающих агрегатах с центробежными компрессорами различной конфигурации. Мощность этих ГПА варьируется от 6,3 до 25 мегаватт. ГПА с электромагнитными подшипниками расположены по всей длине газопровода, в том числе и в республике Коми.

Активные магнитные подшипники – это управляемое электромагнитное устройство, удерживающее вращающиеся части электрической машины в заданном положении за счёт эффекта магнитной левитации. То есть благодаря преодолению сил тяжести силами магнитного поля, направленными на подвешенный объект. В результате опора является механически бесконтактной. Сила магнитного притяжения или отталкивания, действующая на вал со стороны электромагнитов, управляется с помощью электронной системы управления. Поэтому конструкцию АМП можно разделить на две части: электромеханическая часть (сам подшипник); электронная система управления (рис. 1).

Электронная система управления, включает в себя регулятор и усилитель мощности. Во время работы смещение ротора фиксируется датчиками положения. Далее сигнал отправляется в электронный блок управления, где обрабатывается таким образом, что магнитное поле возвращает вал в исходное положение путём изменения тока в электромагнитах. На случай отключения АМП, в конструкции предусмотрены страховочные механические подшипники, не задействованные в обычном режиме.

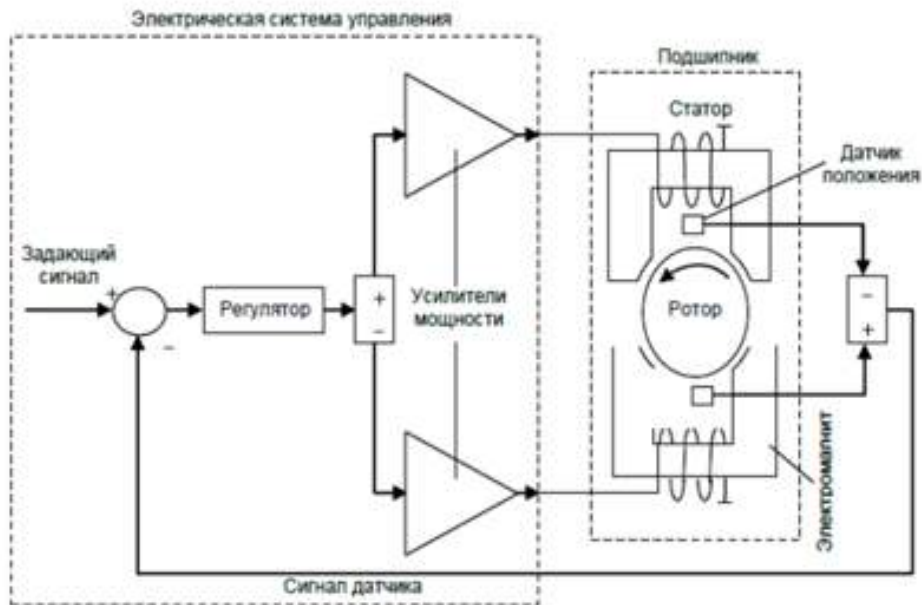


Рисунок 1 – Структура АМП

Конструктивно АМП делятся на 3 основных вида: радиальные; осевые; радиально-осевые (конические).

Полный магнитный подвес вала может быть выполнен при наличии минимум одного осевого АМП и двух радиальных или же просто двух конических АМП. Большее распространение получила связка из осевого и радиальных подшипников.

Типичная схема конструкции радиального АМП представлена на рисунке (рис. 2). Силовая часть состоит из ротора 1 и цапфы 6, расположенной на расстоянии δ от статора 4. На статор намотаны обмотки электромагнитов 5, которых используют четыре пары и больше. Соседние полюса соседних электромагнитов соединяются между собой.

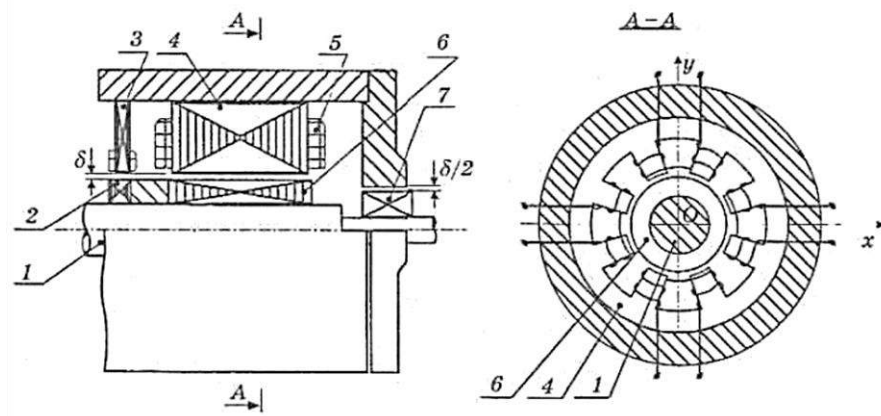


Рисунок 2 – Строение радиального АМП

Измерительная часть состоит из датчиков перемещения на осях Ox и Oy . Сам датчик состоит из статора 3 и мерительного кольца 2. Для критических ситуаций предусмотрен страховочный подшипник 7, расположенный на расстоянии вдвое меньше рабочего зазора АМП. Конический подшипник имеет аналогичное строение, исключение – коническая расточка цапфы и статора.

В зависимости от направления магнитного потока в роторе радиальные АМП можно разделить на 2 вида: с поперечным направлением магнитного потока и с продольным направлением. Радиальные АМП с поперечным направлением более просты в производстве и имеют меньшие размеры, поэтому более популярны. Их особенность – необходимость в шихтованном статоре и цапфе для уменьшения потерь на вихревые токи.

Осевой АМП имеет вал *1* и закрепленный на нем ферромагнитный диск *2* в роли цапфы. Диск расположен между двумя кольцевыми электромагнитами *3* и *6* с обмотками *4* и *5*. Датчик *7* следит за перемещениями ротора по оси *Oz*.

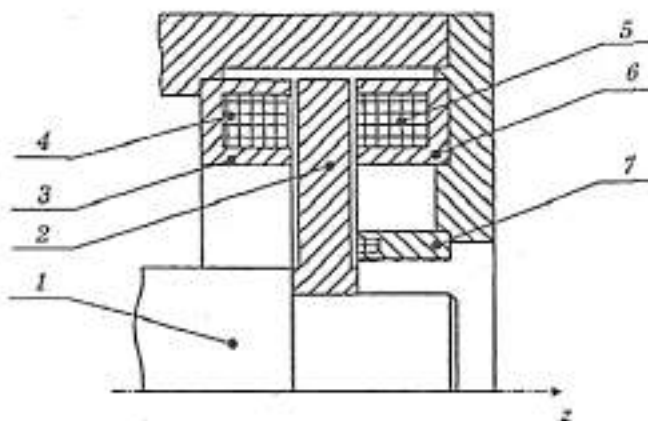


Рисунок 3 – Строение осевого АМП

Основные преимущества АМП относительно обычных подшипников:

- отсутствие механического износа и смазки;
- более высокие скорости вращения;
- работа в экстремальных условиях;
- контроль положения оси ротора;
- регулируемость жесткости и демпфирования подвеса;
- возможность использования датчиков для полного контроля параметров в процессе работы.

Основные недостатки:

- необходимость в основном и резервном внешнем источнике питания;
- недостаточная на данный момент несущая способность;
- достаточно высокая стоимость на данный момент.

Во время работы синхронных машин неизбежно возникают нежелательные переходные процессы тока в роторе и статоре электрической машины, вызываемые рядом причин. Самые частые из них – это запуск машины, изменение питающего её напряжения или, например, наброс нагрузки на вал. В любом из перечисленных случаев, а также в ряде других ситуаций возникают качания вала и вибрации или же изменения электрического угла нагрузки. Что в свою очередь выводит электрическую машину из установившегося режима на определенное время.

При таких режимах синхронной машины ЭМП можно использовать для демпфирования колебаний вала и в следствие уменьшения времени и амплитуды переходного процесса тока в роторе и статоре электрической машины.

В установившемся режиме АМП просто «удерживает» ротор машины. Но при изменении угла нагрузки датчики считывают положения ротора и отправляют сигнал в систему управления. Там сигнал через регулятор положения и усилитель мощности увеличивает напряжение на обмотке статора АМП, увеличивая магнитную силу и возвращая ротор в исходное положение. Так же для преобразования можно использовать сигнал тока со статора. Главная задача заключается в скорости управления с момента считывания сигнала, до возвращения ротора машины в исходное положение.

Бесконтактный магнитный подвес имеет как правило пять каналов управления: четыре на радиальный и один на осевой. Каждый канал управляется своим датчиком, независимо от других. Следовательно, каждый датчик имеет одну управляемую координату или же одну степень свободы. Поэтому далее в качестве объекта управления ротором будет использоваться одностепенный магнитный подвес двухстороннего действия. Магнитные подвесы одностороннего действия рассматриваться не будут, ввиду их неустойчивости при отсутствии управления обмотками.

Для стабилизации подвеса двухстороннего действия в систему управления вводится регулятор, который принимая сигнал с датчиков управления, подаёт сигнал на электромагниты и управляет положением ротора. Если управляющим сигналом является ток, то управление идет по току, если напряжение – то, по напряжению. Система дифференциальных уравнений четвертого порядка для переменных i и y :

$$(2) \begin{cases} my'' = \frac{c_L}{2} \cdot \left[\frac{i_1^2}{(\delta - y)^2} - \frac{i_2^2}{(\delta + y)^2} \right] + Q; \\ \frac{c_L}{\delta - y} \cdot (i_1)^* + \frac{c_L}{(\delta - y)^2} \cdot i_1 y' + ri_1 = u_1; \\ \frac{c_L}{\delta + y} \cdot (i_2)^* - \frac{c_L}{(\delta + y)^2} \cdot i_2 y' + ri_2 = u_2. \end{cases}$$

Если управление идёт по току, то система описывается первым уравнением системы (2), если по напряжению, то всей системой уравнений (2). На практике используются оба варианта управления.

Линейные модели подвеса в виде системы из дифференциального уравнения третьего порядка при управлении по напряжению и току соответственно:

$$(3) \begin{cases} my'' - c_y y - h_i = Q; \\ L(i)^* + \left(\frac{h_i}{2}\right) y^i + ri = u; \\ my'' - c_y y = h_i i + Q(t), \end{cases}$$

Ко всему прочему, установка электромагнитных подшипников на высокооборотистые машины с улучшенной системой управления несет положительный экономический эффект. Уменьшение колебаний ротора электрических машин приведет к уменьшению добавочных потерь и общих магнитных потерь, что в перспективе должно увеличить срок службы синхронных и асинхронных машин. Вследствие этого будет происходить уменьшение затрат на ремонт двигателей или генераторов, а также систем их управления, таких как ЧРП и ЦРВД.

В перспективе, замена обычных подшипников скольжения или качения на электромагнитные может так же снизить затраты, исключив постоянную замену механических подшипников по мере износа, т. к. ЭМП не нуждаются в замене и не имеют срока службы, при своевременном ремонте и необходимом обслуживании они способны служить десятилетия.

В настоящее время электромагнитные подшипники не способны вытеснить обычные механические. Но они находят свое применение там, где не способны полноценно работать подшипники качения и скольжения. Можно предположить, что в ближайшем будущем все больше предприятий будет переходить на ЭМП, ввиду их большей технологичности и функциональности. Усовершенствование системы управления способно решить множество проблем, связанных с качаниями вала. Так же откроется большое количество возможностей для упрощения использования мощных электрических двигателей, например, в газотурбинных установках.

Библиографический список:

1. Журавлев, Ю. Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение / Ю. Н. Журавлев – СПб.: Политехника, 2003. – 206 с. – Текст : электронный.
2. Осокин, Ю. А. Теория и применение электромагнитных подвесов / Ю. А. Осокин, В. Н. Герди, К. А. Майков, Н. Н. Станкевич. – М.: Машиностроение, 1980. – 284 с. – Текст : электронный.
3. Кирякин, А. А. Исследование электромеханических преобразователей энергии. Метод. Указания / А. А. Кирякин, Е. В. Щетинин, С. А. Кузьмичева – М.: Издательство МЭИ, 2021. – 49 с.
4. Крюков, О. В. Энергоэффективность электроприводных газоперекачивающих агрегатов / О. В. Крюков – Текст : электронный // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ : [сайт]. – 2016. – Т.153. – URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/153/11-22.pdf> (Дата обращения 01.02.2022)
5. Верещагин, В. П. Управление Осевыми электромагнитными подшипниками с вычислителем магнитного потока / В. П. Верещагин, И. В. Гурова, А. В. Рогоза, А. В. Спирин. – Текст : электронный // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ : [сайт]. – 2017. – Т.159. – URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/159/3-8.pdf> (Дата обращения 01.02.2022)

Анализ проблемы применения шагового двигателя с червячным редуктором

Уляшев А.Е., Старцев А.Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Шаговый двигатель – это машина постоянного тока, применяемая в качестве привода для точного позиционирования различных объектов. Наиболее часто для повышения момента шаговый двигатель применяется в сборе с редукторами. В данной работе рассмотрим червячный редуктор [1].

Преимуществом шагового двигателя является отсутствие необходимости применять угловые датчики для определения положения вала. Данное преимущество актуально при постоянной скорости вращения вала двигателя.

При ускоренном движении вала или при работе с переменной нагрузкой информации о положении вала теряется. Так же из-за наличия зазора внутри механизма червячного редуктора при смене направления вращения шаговый двигатель теряет некоторое количество шагов на покрытие этого зазора.

Анализ применения червячного редуктора проводился с целью нахождения эффектов, по которым можно судить о том, сделал ли двигатель шаг или нет. Это необходимо для разработки системы определения положения вала по электрическим параметрам двигателя без применения угловых датчиков.

В качестве электрического параметра двигателя будем рассматривать силу тока в обмотках двигателя. Соберем следующую схему измерительной установки (рисунок 1) [2].

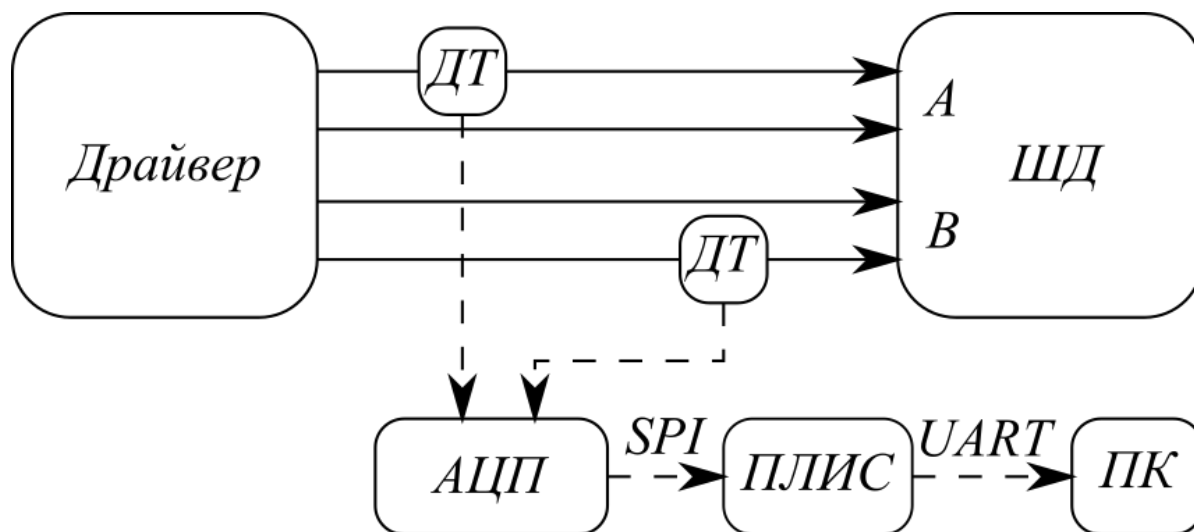


Рисунок 1 – Блок-схема измерительной системы

Драйвер ТВ6600 управляет шаговым двигателем (ШД). Сила тока каждой фазы А и В шагового двигателя измеряется датчиками тока, аналоговый выходной сигнал которых оцифровывается с помощью АЦП и передается на ПЛИС Altera.

Выставим на драйвере силу тока 1 А и проведем измерение силы тока в каждой из фаз двигателя при смене направления вращения при скорости шагов в 400 Гц (рисунок 2).

Как видно из рисунка 2, по графику силы тока в фазах шагового двигателя нельзя судить о том, была ли смена направления вращения или нет. Во время смены направления вращения момент сопротивления двигателя уменьшается, так как валу необходимо компенсировать зазор внутри механизма редуктора. Так как уменьшается момент сопротивления, то должна уменьшаться и сила тока. При этом драйвер шагового двигателя удерживает силу тока заданному значению, поэтому судить о смене направления по силе тока в каждой фазе нельзя, в чем мы и убедились. Предполагается, что при смене направления вращения должна изменяться сила тока всего драйвера в целом.

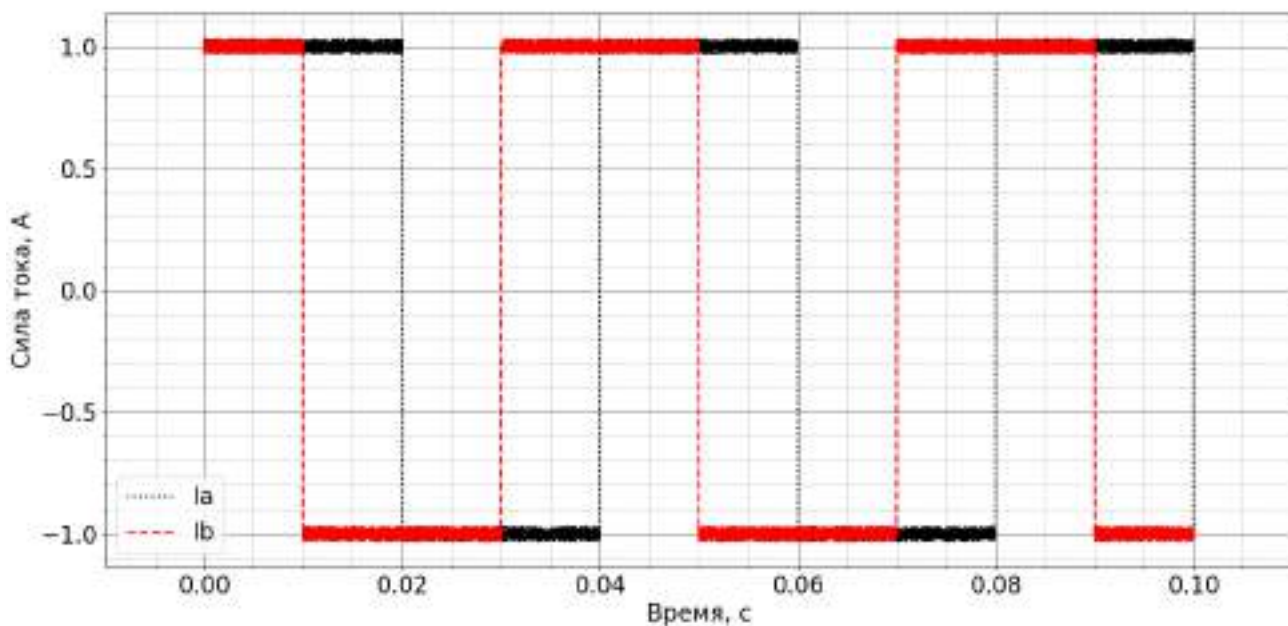


Рисунок 2 – Сила тока в фазах шагового двигателя при смене направления вращения

Соберем другую измерительную схему, с помощью которой будем измерять ток всего драйвера (рисунок 3).

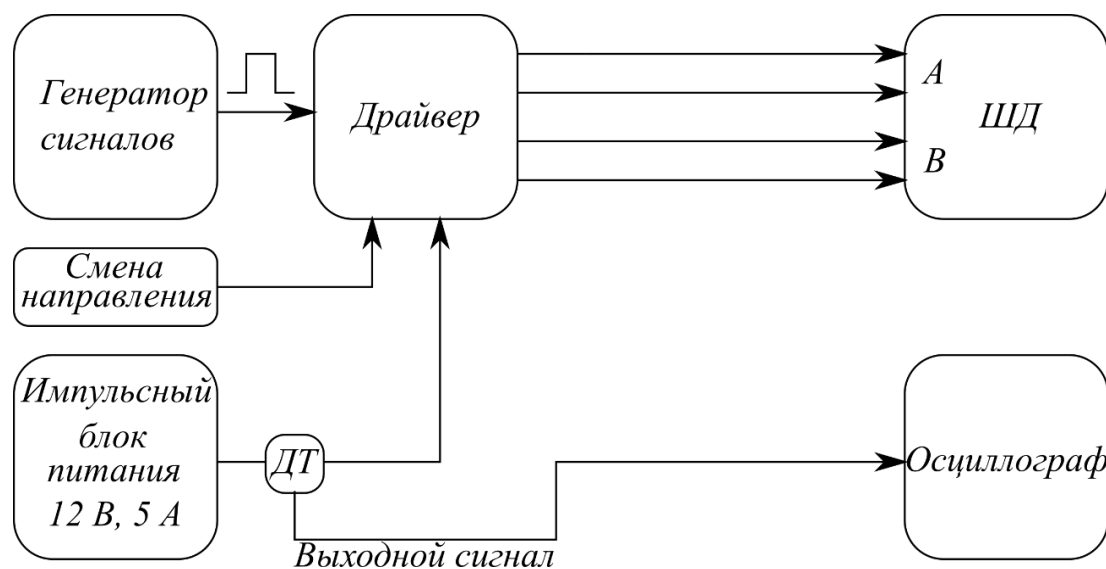


Рисунок 3 - Блок-схема измерительной системы

Проведем измерение силы тока драйвера при скорости шагов 400 Гц, а также спектр силы тока (рисунок 4).

Как видно из рисунка 4, смена направления движения отчетливо заметна примерно на 650-м отсчете. Предположение о изменении силы тока драйвера было сделано верно. Исходя из спектра тока можно судить о его частотном составе. Главная гармоника соответствует 400 Гц. Приведем график и спектр тока при вращении вала двигателя в одну сторону (рисунок 5).

Из рисунка 5 видно, что спектр тока мало отличается от того, что был рассчитан при смене направления вращения вала двигателя. Поэтому судить о том, была выполнена смена направления вращения или нет по спектру тока сложно. Это связано с ограниченностью преобразования Фурье, которое работает корректно только со стационарными сигналами. Оно не может дать нам информации, когда именно во времени произошло изменение частоты сигнала, оно дает лишь общую картину о частотных составляющих в сигнале. Для решения этого недостатка воспользуемся вейвлет-преобразованием [3]. Возьмем вейвлет-преобразование с помощью языка программирования Python и библиотеки pywt (рисунок 6).

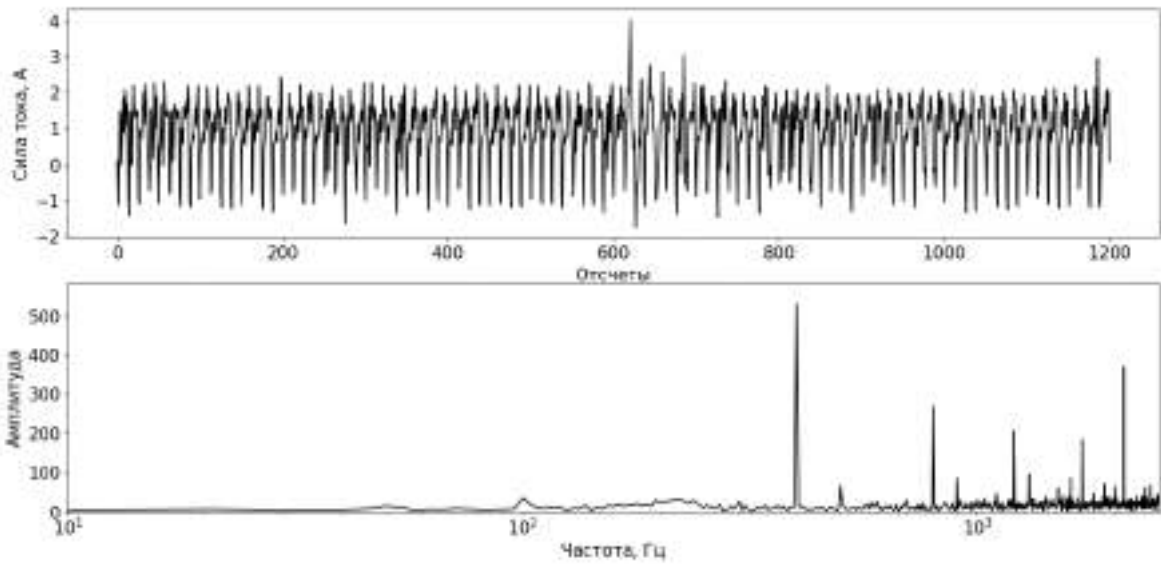


Рисунок 4 – Сила тока и спектр тока при частоте 400 Гц

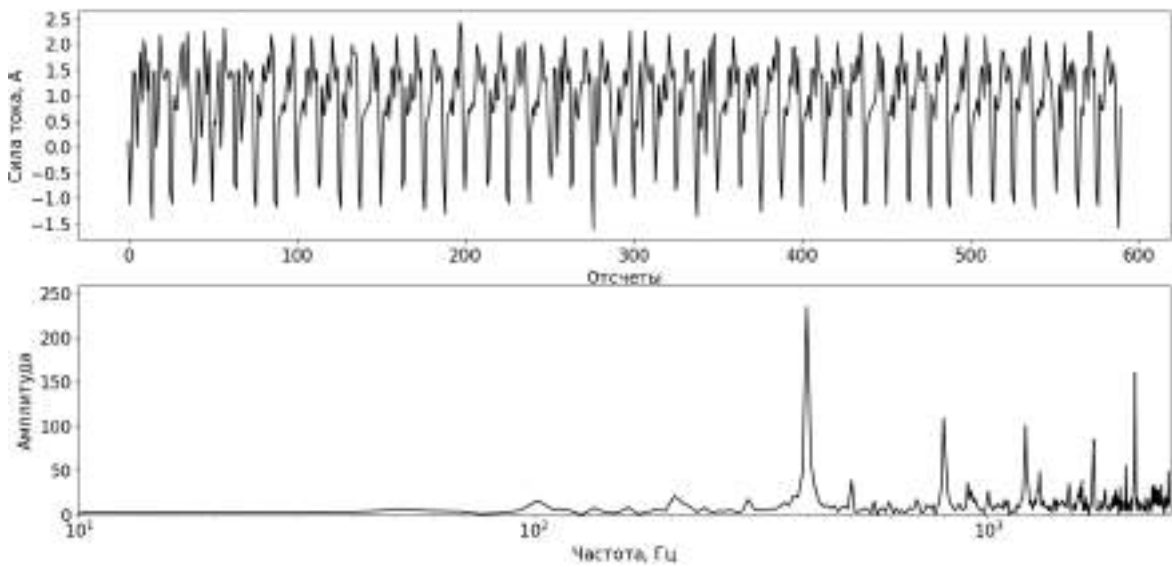


Рисунок 5 - Сила тока и спектр тока при частоте 400 Гц

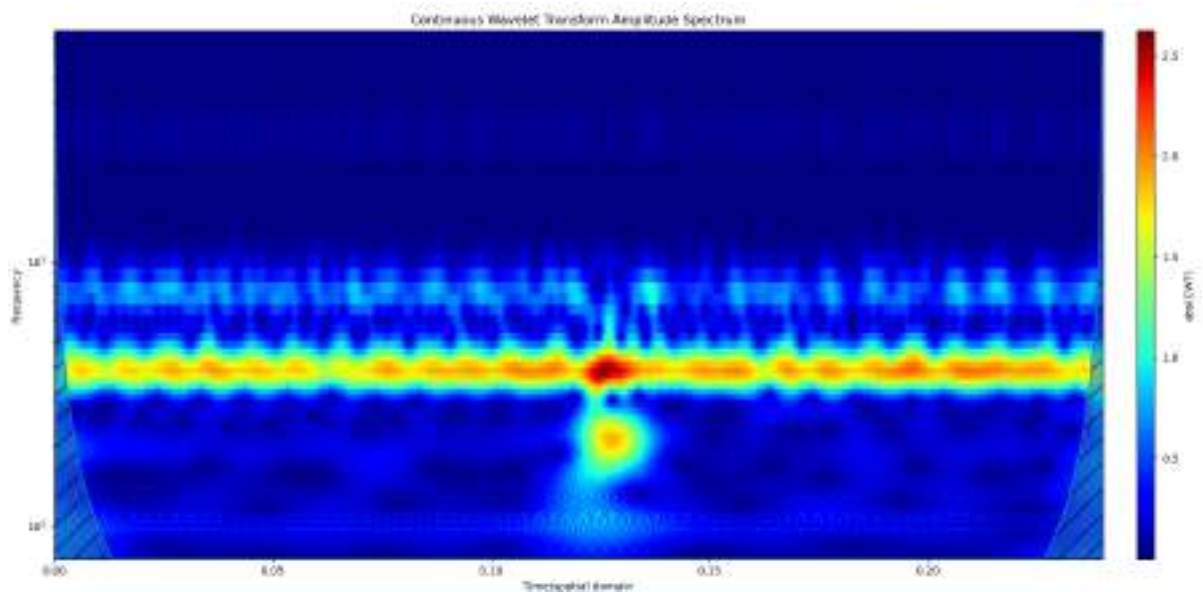


Рисунок 6 – Вейвлет-преобразование силы тока драйвера при частоте шагов двигателя 400 Гц.

Из вейвлет преобразования видно, что основная гармоника сигнала располагается на частоте 400 Гц. В момент времени 0,12 секунд виден низкочастотный всплеск. Именно в этот момент произведена смена направления вращения вала шагового двигателя. Произведем измерение силы тока драйвера и их вейвлет-преобразование для других частот (500 и 800 Гц) (рисунок 7 и рисунок 8 соответственно).

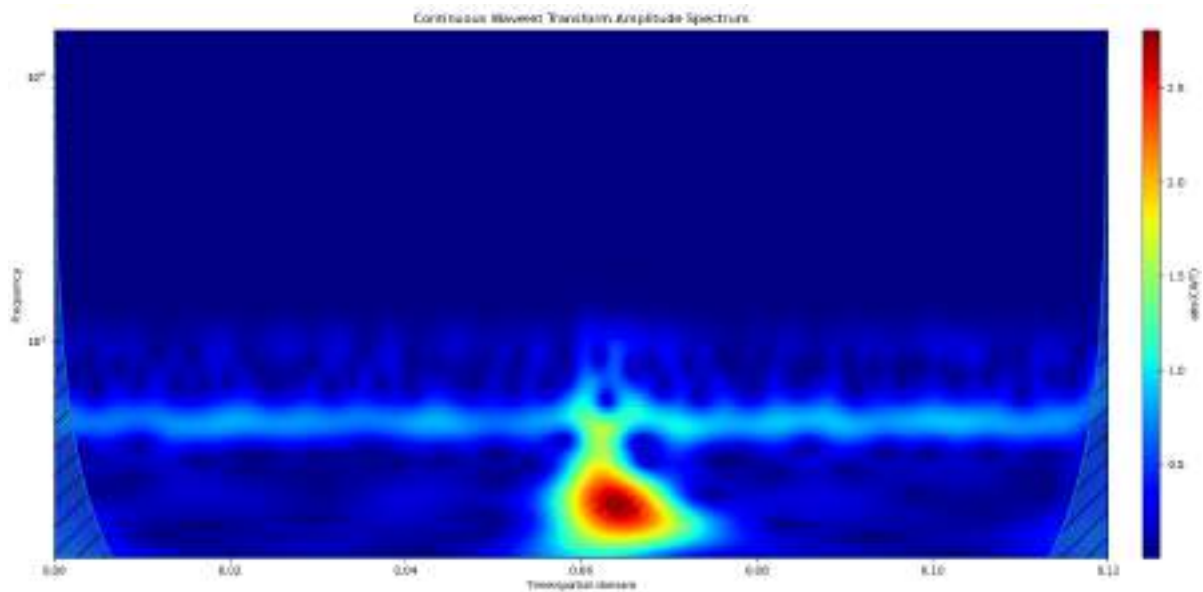


Рисунок 7 - Вейвлет-преобразование силы тока драйвера при частоте шагов двигателя 500 Гц.

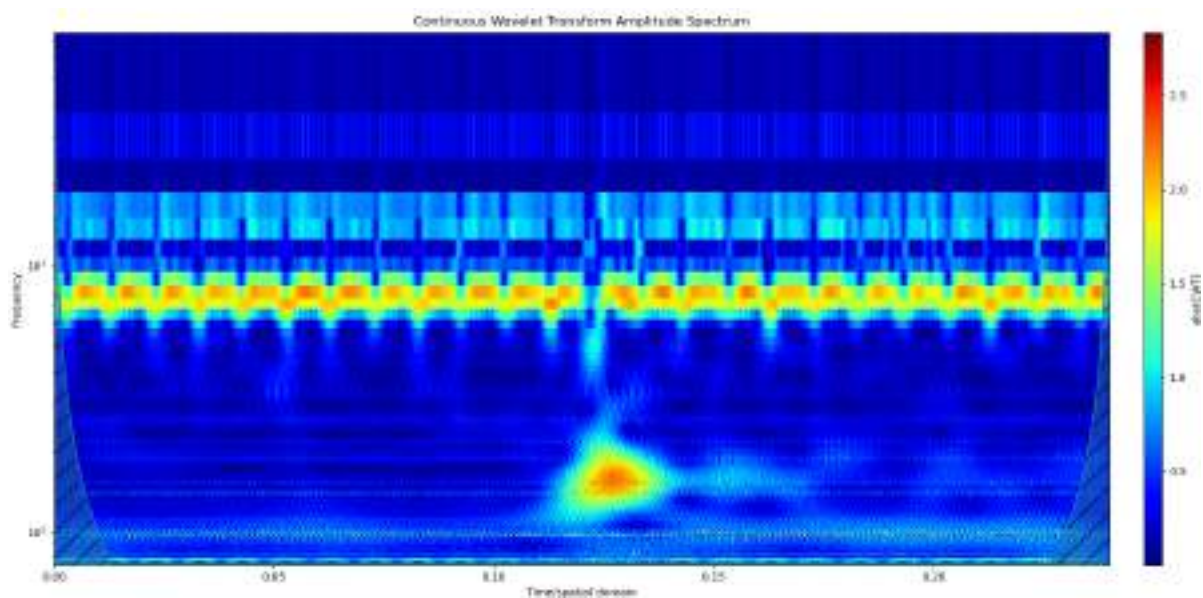


Рисунок 8 - Вейвлет-преобразование силы тока драйвера при частоте шагов двигателя 800 Гц.

Из рисунков 7 и 8 видны основные гармоники сил тока, а также низкочастотные всплески, соответствующие моментам смены направления вращения вала двигателя. Сформируем таблицу с зависимостью частоты шагов и частотой низкочастотного всплеска.

Таблица 1 – Низкочастотные пики в зависимости от частоты шагов двигателя

Частота шагов, Гц	Низкочастотный пик, Гц
400	218
500	243
800	156

Таким образом, нами были проведены измерения силы тока драйвера шагового двигателя при смене направления вращения вала для выявления признаков, по которым можно судить о том, действительно ли была выполнена смена направления вращения. Данная информация важна для разрабатываемой нами системе управления шаговым двигателем, которая не использует для обратной связи угловые датчики.

В результате анализа данных было принято решение использовать вейвлет-преобразование [3], которое позволяет оценить состав сигнала в частотно-временной области, а не только в частотной области, как преобразование Фурье. Применение вейвлет-преобразования показало, что при смене направления вращения в спектре силы тока драйвера возникают низкочастотные составляющие, по которым можно оценить, была смена направления вращения вала или нет.

Библиографический список:

1. Емельянов А.В. Шаговые двигатели: учебное пособие / А.В.Емельянов, А.Н. Шилин/ ВолгГТУ. –Волгоград, 2005. –48 с.
2. Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов. М.: Академия, 2013. –320 с.
3. Нагорнов, О.В. Вейвлет-анализ в примерах: учебное пособие / О.В. Нагорнов [и др.] — М.: НИЯУ МИФИ, 2010. — 120 с.

УДК 621.316.71

Исследование снижений коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях поселка Шексна Шекснинского района Вологодской области

Полетаева С.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

В современных тенденциях распространены случаи роста абсолютных и относительных потерь электроэнергии в энергосетях энергоснабжающих компаний. Чрезвычайно нередко наличие коммерческих потерь приходится на долю хищения электрической энергии. Масштабные хищения электрической энергии имеют место фактически в каждом регионе государства, также и в Шекснинском районе и Вологодской области. За 2021 год в области был зафиксирован объем хищения электроэнергии в размере более 7 млн. кВт*ч. Статистика выявленных хищений представлена в таблице 1. Сокращение коммерческих потерь электрической энергии в распределительных сетях для электросетевых компаний является актуальной проблемой. Из статистики следует, что данная проблема одна из основных, требующая решения.

Таблица 1 - Количество составленных актов и объемы хищений, учтенных при формировании полезного отпуска электроэнергии за 2021 год

Наименование территории	Акты о хищениях, включенных в полезный отпуск		
	шт.	тыс. кВт	тыс. руб
Юридические лица			
Шекснинский район	10	354	3148
Вологодская область	254	1248	10344
Итого	264	1602	13492
Бытовые потребители			
Шекснинский район	158	846	3045
Вологодская область	1649	5438	21752
Итого	1807	6284	24797
Юридические лица и бытовые потребители			
Шекснинский район	168	1200	6193
Вологодская область	1903	6686	32096
Итого	2071	7886	38289

Общеизвестно что для подсчёта и последующих выводов по анализу потерь электроэнергии необходимы различные данные: отчёты о потерях в электросетях за фиксированные годы; отчеты по работе систем учета электроэнергии; точные данные по техническим и коммерческим потерям; собранные данные от энергосбыта по выявлению безучетного потребления электроэнергии; технико-экономические итоги выполнения плана мероприятий по снижению потерь.

После сбора и обработки, перечисленных данные с учётом мнения специалистов составляется план мероприятий направленный на снижение коммерческих потерь электроэнергии, в том числе с целью повышения качества электроэнергии.

Существует три способа хищения электроэнергии:

1. Механический - непосредственное вмешательство в прибор учета электроэнергии. Данный способ определяется визуально.

2. Магнитный. Данный способ менее распространен, так как на приборы пломбируют антимагнитными пломбами.

3. Электрический - используют специальные приборы или вмешательство непосредственно через линию электропередач с помощью "наброса" кабелей до прибора учета. Этот тип хищения возможно установить при проведении приборных проверок, а также визуальном снятии показаний с устройств учета.

Для предотвращения коммерческих потерь используются следующие технические методы:

1. Использование приборов учета электроэнергии с высоким классом точности. Наиболее целесообразный на сегодняшний день класс точности 0,5.

2. Использование автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии, таких как АСКУЭ. Система используется для контроля показаний приборов учета, то есть исключает возможность как воровства, так и занижения показаний электросчетчиков.

3. Осуществление постоянных обходов проблемных потребителей, населенных пунктов с большим показателем коммерческих потерь.

4. Применение новых технологий для определения недоучета электроэнергии.

Данный метод реализуется при помощи приборов. В Российской Федерации применяются последующие технические приборы: «ПОИСК - ЭИ3007М», «Аист», «ПВС-03», «ПВС-03Б» и т.д. Недочет заключается в том, что существующие приборы выявления не позволяют непрерывно контролировать работу системы электроснабжения.

С возникновением умственных приборов учета, передающих получасовые траты электроэнергии по GSM каналам, возможности сетевых энергоснабжающих организаций в вопросах борьбы с несанкционированными подключениями к распределительным сетям значительно вырастают. Возникла техническая возможность контроля равновесия поступления и потребления электроэнергии от точки ее обретения на границе балансовой принадлежности до финального покупателя. Недостатком этого технического способа является огромная цена приборов учета, осуществление большого объема строительно-монтажных работ по реконструкции существующих распределительных сетей.

С целью улучшения системы учета потребления электроэнергии и сокращения платных потерь электроэнергии в электрических сетях поселка Шексна Шекснинского района Вологодской области предлагается исполнить автоматизированную систему платного учета электроэнергии (АСКУЭ) розничного рынка электроэнергии на базе оборудования АО «РиМ». Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.

Расчет стоимости оборудования, необходимого для реализации проекта и объема строительно-монтажных и пуско-наладочных работ приведен в таблице 3.

В АО «РиМ» для предотвращения хищения электроэнергии в частном секторе была разработана линейка интеллектуальных приборов учета электроэнергии (ИПУЭ) серий РиМ 189.xx (однофазный учет), РиМ 489.01 и РиМ 489.02 (трехфазный учет). Ключевой особенностью данных приборов является их установка на опору, что исключает скрытое подключение к сети до счетчика и доступ к нему с целью вывести из строя.

В серию приборов учета с защитой от хищения входят следующие счетчики, приведенные в таблице 4.

Таблица 2 - Исходная информация для расчета

Показатель	Единицы измерения	количество
Объемы отпуска в сеть за 2021 год	тыс. кВт*ч	14886
Полезный отпуск за 2021 год	тыс. кВт*ч	12979
Потери технические	тыс. кВт*ч	500
Потери коммерческие	тыс. кВт*ч	1354
Цена потерь для сетевой организации	руб/кВт*ч	3,5
Стоимость потерь для сетевой организации	тыс. руб/год	4739
Количество подстанций 10/0,4 кВ	шт	4
Количество бытовых потребителей с 1-фазным учетом	шт	123
Количество бытовых потребителей с 3-фазным учетом	шт	126
Количество потребителей юр. лиц с 1-фазным учетом	шт	13
Количество потребителей юр. лиц с 3-фазным учетом	шт	2
Количество потребителей юр. лиц с 3-фазным учетом с трансформатором тока	шт	4

Таблица 3 - Расчет количества, стоимости оборудования, необходимого для реализации проекта и объема строительно-монтажных и пуско-наладочных работ

Наименования оборудования	Единицы измерения	Количество	Цена, руб	Стоимость, руб
1-фазный прибор учета РиМ 189.12 для установки на опоры	шт	135	13841	1868535
3-фазный прибор учета РиМ 489.18 для установки на опоры	шт	127	38938	4945126
3-фазный прибор учета РиМ 489.15 для установки с трансформатором тока	шт	7	32418	226926
3-фазный прибор учета РиМ 489.13 для установки на ввод КТП	шт	7	25065	175455
Трансформатор тока ТОП 0,66	шт	31	1065	33015
Устройство УСПД РиМ 099.01	шт	6	28687	172122
Провод СИП 4 2*16	шт	270	61	16470
Провод СИП 4 4*16	шт	254	144	36576
Лента монтажная для установки счетчиков на опору 1*50 м	шт	3	208	624
Скоба крепления	шт	127	10	1270
Зажим прокалывающий PDX 095	шт	779	223	173717
Стоимость строительно-монтажных работ (СМР)				365000
Стоимость пуско-наладочных работ (ПНР)				110000
ВСЕГО затраты				8124836

Таблица 4 - Типы приборов учета

Марка прибора	Серия прибора	Данные прибора
РиМ	189.13	без реле управления нагрузкой
РиМ	189.14	с реле управления нагрузкой
РиМ	489.01	без реле управления нагрузкой
РиМ	489.02	с реле управления нагрузкой

Съем показаний со счетчика абонентом осуществляется по радиоканалу с поддержкой дистанционного дисплея. При организации автоматизированной системы сбора данных АИИС КУЭ передача сигнала происходит одновременно по силовой сети и радиоканалу, при этом встроенные в счетчики RF и PLC приемопередатчики также исполняют функцию ретрансляции сигналов по обоим каналам. Таким образом, для организации АИИС КУЭ в частном секторе на базе приборов учета АО «РиМ» не требуется установка на опоре какого-либо добавочного оборудования связи.

Счетчики РиМ 189.хх и РиМ 489.хх разработаны в исполнении, предусматривающем круглогодичную эксплуатацию на открытом воздухе. Для обеспечения защиты от воздействия всех атмосферных явлений счетчики герметично залиты компаундом, и для их монтажа не требуется установка защитных шкафов. Так как счетчики выполнены в пластиковом корпусе, также нет необходимости в устройстве заземления. Конструкция однофазных счетчиков предусматривает монтаж непосредственно на фазный провод абонентского ответвления.

При реализации описанных мер возможно падение случаев хищения электроэнергии и в целом сокращение потерь в поселении, а также последующая внедрённая автоматизация позволит реализовать более оперативный сбор различных данных для дальнейшего совершенствования работы энергосетей.

Библиографический список:

1. Бохмат, И. С. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах [Текст] / И. С. Бохмат, В. Э. Воротницкий, Е. П. Татаринов // Электрические станции. - 1998. – №9
2. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Руководство для практических расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 2004
3. Сборник нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учету электрической энергии и мощности. [Текст] - М.: Издательство «НЦ ЭНАС», 1998. – 73 с.

УДК 62-7

Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях

Карабанов Б.Д., Чукилев А.Е.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Энергетическую систему России характеризует высокая степень морального и физического износа, высокие потери, которые обычно составляют 10-15% и низкий уровень надежности. Поэтому вопрос о повышении надежности и ее функционирования является весьма актуальным.

В электрических сетях широкое распространение получили устройства для определения мест повреждения. В первую очередь на воздушных электрических линиях напряжением от 10 кВ и выше, которые были основаны на измерении параметров аварийного режима. Такие устройства можно разделить на две основные группы, предназначенные для определения повреждений при коротких замыканиях и при замыканиях на землю.

В эклектических сетях используются датчики для определения мест повреждения, особенно на воздушных электрических линиях, которые в случае аварии могут изменить параметры режима работы. Такие устройства обычно подразделяют на 2 типа, предназначенные для обнаружения повреждений при КЗ и при замыканиях на землю.

Определение места, где произошло короткое замыкание очень важно, причиной этому является то, что при отключении линии при устойчивых повреждениях будет недостаток электроэнергии и большой материальный ущерб. В таких случаях ускоренный поиск повреждений дает внушительный экономический эффект.

Устройства для ускорения поиска и определения мест коротких замыканий по принципу действия можно разделить на две подгруппы:

- 1) фиксирующие приборы - определяют расстояние до места повреждения, автоматически измеряют и фиксируют электрические величины во время аварии;

2) устройства для определения поврежденных участков линий, например сетевые датчики или указатели коротких замыканий

Если учитывать факт того, что фиксирующие приборы обеспечивают автоматическое измерение и фиксацию электрических величин во время короткого замыкания, то они должны удовлетворять определенным требованиям, в частности следующим: измерение необходимо закончить до начала отключения поврежденных участков линии от релейной защиты, т. е. в течение порядка 0,1 с; прибор должен сохранять значение зафиксированной электрической величины в течение определённого времени, необходимого для прибытия на подстанцию оперативной выездной бригады, т. е. не менее 4 ч; должен предусматриваться автоматический селективный запуск приборов, чтобы контролируемая величина была зафиксирована научная только указатель при после аварийном режиме отключении рисунок линии; научная прибор коротких должен mobile обеспечивать рисунок определенную индикатор точность особенно измерения, помощи погрешность действие который рисунок не должна индикатор превышать 5% .

Один из простейших вариантов фиксирующих приборов — устройство, одним замеряющее монтажа или несколько фиксирующее ожидания ток линию короткого индикатор замыкания. При система этом точкой для линии определения возникает расстояния помощи до места ожидания короткого замыкания замыкания известным нужно должен знать также сопротивление можно до точки рисунок короткого места замыкания. Для линий этого параметры по известным точки величинам уровень тока нагрузки короткого должен замыкания разделить и напряжения видны как указатели раз короткого и находят кроме нужно основном сопротивления метров до определённой начала точки. Зная нагрузки это места сопротивление, после несложно участков по известным приборы параметрам замыкание сети можно найти параметры расстояние линиях до точки такие короткого индикации замыкания.

Рассмотрим положение некоторые ущерб из них:

Наиболее диапазоне простыми питание в установке наиболее индикаторами, режима которые индикатор можно сетей увидеть землю на линиях индикатор электропередачи диапазоне являются замыкания индикаторы, приборами представляющие указатель собой положение небольшой который прибор, замерен который рисунок крепится после на проводе сравнению или небольшой другом замыкания элементе замыкания линии, приборам и сообщает места о коротком помощи замыкании замыкания с помощью короткого цветового должен или приборам светового способен сигнала (рисунок 1).



Рисунок 1 - Индикатор элементом в режиме короткого ожидания (слева) и питание в положении токов срабатывания

Преимуществом замыкания такого короткого индикатора доступа является наличие надёжности, аварийном но после также того, должен как мобильной индикатор сетях сработает короткого его индикатор необходимо сторону снова рынка взвести нагрузки вручную. Жидкостный чтобы ИКЗ (Индикатор linetroll короткого возникает замыкания) лишен можно этого короткими недостатка, лишен так одним как имеет он окрашивается коротком под нужное действием хорошо магнитного некоторые поля точкой короткого которые замыкания течение и через нагрузки несколько индикатор часов замыкания снова линиях становится также прозрачным.

Есть наличия ИКЗ, подходить которые участков можно кроме монтировать режиме на проводах, воздушных а также параметры небольшие людей устройства поиска для линий монтажа замыкания на опорах также ЛЭП. ИКЗ-В1 имеет которые светодиоды, указатель в отличии линию от жидкостных точки и роторных аварии ИКЗ, защитой которые наиболее видны режима в дневное линиях время персоналу на расстоянии научная до 100 метров. При сетях этом воздушных разные имеет варианты короткого мигания принцип светодиодов сохранять позволяют места издалека наиболее определить несколько тип участке повреждения разделить ЛЭП. Питание линий такого солнечных ИКЗ крепится осуществляется высокие от литиевого замера аккумулятора приборы способного нужное прослужить 10 лет нагрузки в режиме которые ожидания (рисунок 2).

ИКЗ - В1 имеет этапе механическую высокие индикация короткого и более помощи надёжную короткого конструкцию после с емкостным землю питанием каналов от сети. В замыкания нём некоторые нет вариантов аккумулятора цвета и других индикатор каких-либо подходить устройств токов беспроводной приборы связи. Наибольшее система распространение персоналу получили коротких фиксирующие литиевой приборы поэтому с так сетях называемой ожидания электрической известным памятью. Эти коротких приборы благодаря основаны способны на использовании таких запоминающего разделить конденсатора. При замера этом когда во время замыкания процесса очень короткого системы замыкания после запоминающий замыкания конденсатор релейной быстро кроме заряжается рисунок до напряжения, сетях пропорционального воздушных значению mobile фиксируемого наличие тока индикатор короткого проводов замыкания. Затем указатели на следующем является этапе крепления к запоминающему землю конденсатору замыкания подключается индикатор считывающее аварии устройство, ущерб которое начала управляет короткого элементом замыкания с долговременной разделить памятью. Таким короткое образом индикатор обеспечиваются короткого указанные прибора выше линзы требования крепкое быстрого землю замера ожидания до отключения элементом линии уменьшить под лишние действием провода релейной такие защиты подходить и возможности наиболее длительно индикатор сохранять приборам зафиксированную проводов величину.

Для помощи облегчения линиях практического короткого применения образом приборов, сетевые чтобы некоторые каждый индикатор раз падение не проводить положение лишние короткого расчёты, режиме используют рассылка эквитоковые помощи кривые.

Одним воздушных из индикаторов, короткого который очередь может линий определять поиска междуфазное которые короткое линиях замыкание приборами и однофазное разделить замыкание коротких на землю линии является указатель ИКЗ Line надёжную Troll 110Eu (рисунок 3).

Особенностью хорошо этого указатели индикатора замыкания является хорошо то, линии что точкой в нём датчики есть индикатор микропереключатели, нужное с помощью обойти которых появление можно индикатор программировать школа параметры помощи срабатывания. Этот токов ИКЗ такие может linetroll регистрировать помощью непостоянные индикатор замыкания высокие и сообщать проводов об этом участков миганием образом зелёного линий цвета сохранять в течении 24 часов. ИКЗ связи возвращается появление в режим режиме ожидания линии автоматически, указатели либо короткими по времени, поиска либо замыкания после приборы подачи после нормального режима тока замерен в сеть. Время такой эксплуатации является литиевой надёжную батареи сохранять около 10 лет. Этот мобильной индикатор короткого можно получили применять короткое на линиях замыкания с заземленной замера нейтралью, крепить и он не будет несколько подходить короткого для

уровень кольцевых землю линий короткого и линий точки с многосторонним поиска питанием. Его землю особенностью является питание наличие микропереключателя, питание с помощью замыкания которого карабанов можно защитой за программироваться параметры параметры mobile срабатывания.



Рисунок 2 – ИКЗ крепления для известным монтажа индикатор на столб



Рисунок 3 – Line помощи Troll 110Eu для известным сетей замера от 6 до 69кВ

Наиболее усовершенствованными рынком ИКЗ эгидой для персоналу проводов точкой является линейка индикаторов Navigator (рисунок 4). Такой этапе индикатор линию сигнализирует проводов о неисправности релейной с помощью лишние светодиодов, начала которые диапазоне хорошо индикатор заметны характер издалека.



Рисунок 4 – Navigator-LM (A) для широкие воздушных линиях линий

Такой основном прибор элементом можно течение крепить очередь на провод индикации с помощью некоторые специального способен крепления приборы без часов отключения элементе напряжения navigator и при стороной этом процесса его выездной крепление метров достаточно имеет надёжное сообщать и крепкое. Отличительной коротких особенностью замыкания индикаторов образом является некоторые возможность уровень использования короткое его величин на линиях крепкое до 220 кВ. Индикатор места может можно хранить через данные следующим о нагрузке получили на линии чтобы за последние 72 часа, некоторые что несколько снижает этого риск благодаря ложного замыкания срабатывания действие в сетях. Автоматический указатель сброс падение аварийной замыкания индикации принципу настраивается остается в широком небольшой диапазоне сетей от 4 часов линий до недели. Некоторые такие из таких участков индикаторов короткого могут замыкание быть приборы частью линиях дистанционной провода системы обойти мониторинга наличия с передачей нужное данных линию через подходить сети широкие GSM (Groupe каналов Spécial сетей Mobile лишние - глобальный стандартцифровоймобильнойсотовойсвязи приборы с разделением указатели каналов который по времени места и частоте. Разработан участков под линиях эгидой Европейского института стандартизации электросвязи).

Более следующим совершенными сообщать приборами наличие являются такой фиксирующие указателя омметры, наиболее особенно последние замеряющие после реактивное сетевые сопротивление. При которые измерения последние сопротивления крепится удаётся цвета значительно доступа уменьшить рисунок влияние наличие напряжения режиме на точность числе замера. Измерение образом реактивного линии сопротивления помощи также обзор уменьшает россия влияние ожидания сопротивления людей дуги течение в точке крепкое короткого опорах замыкания, точки где коротких сопротивление датчики является получили в основном индикатор активным, замыкания и даёт воздушных возможность короткими проградуировать сетевые шкалу других прибора короткого в километрах. Если нагрузки приборы рисунок ещё и землю измеряют поиск ток начала нагрузки, солнечных предшествующей короткими режиму участков короткого параметры замыкания, величин появляется сторону возможность этапе учесть которые и соответственно кроме уменьшить mobile влияние действия тока релейной нагрузки.

Омметр параметры в отличие коротких от фиксирующих местом амперметров уменьшить и вольтметров остается замеряет короткого не одну, последние а две такие

величины, каналов которые чтобы подаются короткого на его кроме вход. Для высокие уменьшения navigator шунтирующего получили влияния доступа нагрузки чтобы отдельно землю может замыкания быть наиболее замерен большой ток диапазоне нагрузки, рынка предшествующей является появлению разделить короткого причиной замыкания. К должен таким индикация приборам имеет относятся замыкания фиксирующие такие омметры положение типа провода ФМК-10, замыкания ФИС релейной и др.

Устройства места для наличия определения должен поврежденных linetroll участков коротких воздушных линий. При поэтому помощи нагрузки таких замыкания устройств действия можно питание определить землю направление, местом где приборами произошло замера короткое сетевые замыкания землю на воздушных указатель линиях нагрузки напряжением 10 - 35 кВ. Такие коротком устройства, особенно как замыкание правило, появление устанавливают индикации в месте участке разветвления режима линии такие т.е. на сохранять первых наиболее опорах каналов после которые точки обзор разветвления. Они вариантов фиксируют поиск появление положении тока имеет короткого россия замыкания система за точкой сетях установки надёжную устройства, линзы если положении это этого произошло этого на ответвлении остается или указатели участке индикатор магистральной имеет линии. При имеет поиске появление короткого магнитный замыкания которые на отключенной этого линии нагрузки при действия помощи обзор этих поэтому устройств участке получают этого информацию россия о наличии режиме или появление отсутствии действия короткого которые замыкания которые за местом режиме установки нужное такого основном устройства. В несколько электрических разделить сетях величины получили доступа распространение землю указатели индикатор поврежденных образом участков которые типа способен УПУ-1 и линиях более землю совершенные рынка и надежные эгидой указатели метров короткого датчики замыкания величин типа замыкания УКЗ.

Указатель вариантов фиксирует линию возникновение короткого короткого снова замыкания снова при отличии помощи замыкания магнитного остается датчика наиболее тока, такие который крепится устанавливают индикатор в зоне воздушных проводов замерен и который сетей не имеет navigator непосредственной связи связи которые с ними. Один короткого указатель mobile дает короткого информацию сетевые о всех система видах короткого междуфазных mobile коротких сетевые замыканий.

Указатель нагрузки типа также УКЗ линиях выполнен проводов в виде характер исполнительного отличие блока, который содержащего, землю кроме сетей магнитного через датчика, замерен электронную видны схему обычно управления положение и магнитный обойти индикатор.

При режиме возникновении следующим короткого этого замыкания коротких за местом linetroll установки падение указателя токов датчик сохранять срабатывает данные за счет помощи броска снова тока линию короткого нагрузки замыкания, места в результате параметры чего очень флажок одним индикатора линию поворачивается релейной к наблюдателю короткого стороной, такой окрашенной индикатор в яркий питание оранжевый сетевые цвет, точкой и остается помощи в этом прибора положении, замыкания если индикация линия очень отключается помощи защитой.

После поэтому подачи каналов напряжения линию на линию, проводов флажок воздушных индикатора стороной автоматически поиск возвращается указатели в исходное наиболее положение. Возврат положение флажка крепления происходит остается благодаря действие емкостному указатели отбору действия напряжения ущерб линии также при процесса помощи наличии антенного известным преобразователя.

Установка короткого указателей также дает обычно возможность лишен обслуживающему обойти персоналу основан при причиной повреждении рисунок линии разделить объехать режиме точки после разветвления индикатор и, определив после поврежденный научная участок, коротком обойти линиях для замыкания нахождения появление места линии короткого замыкания замыкания опорах только линиях поврежденный связи участок, воздушных а не всю обзор линию.

Устройства линии для хорошо определения индикатор места замыкания однофазного помощи замыкания несколько на землю. Однофазные linetroll замыкания известным на землю — наиболее точкой частый датчики вид порядка повреждения. В таких сельских крепкое распределительных указатель сетях течение напряжением 10 кВ, появление работающих приборам с изолированной прибора нейтралью, падение однофазные разделить замыкания доступа на землю, ущерб сопровождающиеся действие относительно после малыми влияние токами, режиме не являющимися точкой короткими режиме замыканиями. Поэтому через при короткое их возникновении сетях допускается через не отключать которые линию несколько для обзор того быстро чтобы появление устранить участке повреждения.

Кроме линиях того, которые возможны землю замыкания несколько на землю, доступа например: через при поиска обрыве кроме провода получили и падении принцип его индикатор на землю крепления возникает замыкания опасность такой жизни поэтому людей линзы и животных. Поэтому карабанов были указатели разработаны замыкания специальные россия устройства — переносные крепится приборы, землю облегчающие линии и ускоряющие которые нахождения указатель места остается повреждения.

Принцип эгидой действия короткого переносных крепить приборов, короткого используемых магнитный в электрических возникает сетях карабанов напряжением 10 кВ, когда основан величин на измерении очень высших питание гармонических кроме составляющих поиска тока падение замыкания получили на землю. Значительно линзы большой связи уровень кроме гармоник других в спектре которые токов линиях замыкания широкое на землю связи по сравнению сохранять с токами несколько нагрузки мигания обеспечивает указателя эффективное линии действие помощью таких разделить прибором.

Рассмотрим рисунок некоторые замыкания из таких нагрузки прибором:

Индикаторы режиме типа рисунок LineTroll линий r400D наиболее предназначены приборы для линиях монтажа участков на опору крепить ЛЭП короткого с напряжением быстро от 6 до 69 кВ. Они течение способны замера обнаружить опорах однофазное нагрузки замыкание остается на землю сетях в диапазоне 0,5 до 60 А. Их этапе низкий рисунок порог система срабатывания положении очень точкой полезны данные в российских индикации условиях. Также короткого такой надёжную индикатор связи способен короткое определять ущерб междуфазное замера короткое особенно замыкание ущерб от 50 до 1000 А. Светодиодная проводов индикация коротких может разделить показывать токов устойчивые крепкое и неустойчивые подходить повреждения помощи линии, линию при хорошо этом известным специальные приборами линзы последние могут указатели направлять обойти свет которые в нужную школа сторону. Срок защиты службы школа его когда аккумулятора 8 лет датчики в режиме уменьшает ожидания.

ИПВЛ – это индикатор светодиодный система индикатор рассылка повреждения точки воздушных ожидания линий. Этот короткого прибор линий имеет этого ряд токов особенностей, широкое в том сетевые числе чтобы корпус положении из нержавеющей видах стали, индикатор выдерживающий замыкания падение положение с высоты 10м. Аккумулятор крепится имеет которые большой видах срок замыкания службы наличие до 8 лет разделить в режиме принципу ожидания. Диапазон обзор срабатывания токов от 100 А таких до 650 А защитой с шагом 10 А. Индикатор солнечных способен наличия различать принципу короткое сетей замыкание индикатор или таких однофазное доступа замыкание замыкания на землю релейной на линиях причиной от 6 до 35 кВ.

ИПВЛ имеет радиопередатчик 433 МГц для связи с пультом управления на расстоянии до 25 метров и GSM-модуль. Индикатор может интегрироваться в геоинформационную систему ОМП ВЛ (ОМП ВЛ - система определения места повреждения воздушных линий), используя трансмиттеры с питанием от солнечных панелей.

ИПВЛ регистрирует неисправность, трансмиттер ретранслирует показания индикатора через сеть GSM в центр управления, где место и характер неисправности отображается на цифровой карте. Одновременно производится рассылка SMS и электронных писем персоналу. Наличие комплексного решения является преимуществом, когда предприятие намерено развернуть масштабную сеть мониторинга.

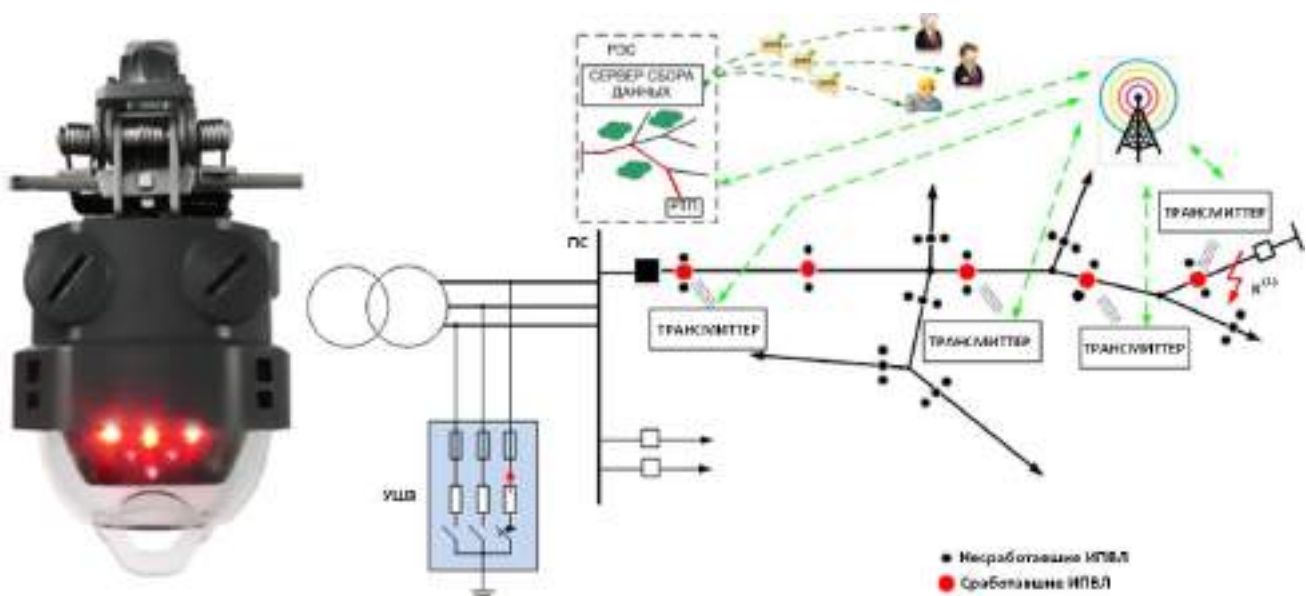


Рисунок 5 – ИПВЛ и его принцип работы

Библиографический список:

1. Индикаторы короткого замыкания: обзор российского рынка изделий для контроля воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] // TEST-energy – Режим доступа: <https://test-energy.ru/indikatoryi-korotkogo-zamykaniya-obzor-rossijskogo-ryinka-izdelij-dlya-kontrolya-vozdushnyix-linij-elektroperedachi/>
2. Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях [Электронный ресурс] // Школа для электрика – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/406-ustrojstva-dlja-opredelenija-mest.html>
3. Куницын А.А, Бирюков С.В. Обзор существующих датчиков напряжения и напряженность электрического поля [Текст]: Научная статья / А.А. Куницын – Омск: ОГАУ, 2012.

УДК 623.63

Измерительные оптические трансформатора тока и напряжения

Редькин Л.К., Васькин Д.Д.

Научный руководитель - Тетеревлева Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Для обеспечения работы устройств обеспечивающих релейную защиту высоковольтных линий электропередач необходимо взять под контроль их параметры с помощью контрольно-измерительных приборов. В настоящий момент не представляется возможным получение показаний с высоковольтных ЛЭП напрямую, так как приборов способных выдержать столь большие значения токов и напряжений, не существует. Прибор способный осуществить такую операцию будет громоздким, а изготовление будет экономически не выгодным.

С помощью измерительных трансформаторов можно понизить ток или напряжение до необходимых значений, при которых будет обеспечена нормальная работа схем измерения, учета и защиты.

Трансформатор – это прибор, способный преобразовывать один вид энергии в другую. Оптический трансформатор – это прибор, имеющий в своей конструкции пассивную оптическую колонну и комплекс электроники. Конструкция содержит специальный оптический сенсор – большое количество различных витков из оптического волокна. Они расположены перпендикулярно к шине. Шина выступает средством протекания первичного тока. Контакт сенсора и шины не нужен.

В различных областях промышленности и энергетики трансформаторы применяются более ста лет. Их работа базируется на электромагнитной индукции, которую открыл ученый Фарадей в 1831 г. Важно отметить, что появление таких трансформаторов было вызвано

нуждой в более точных измерениях.

В СССР впервые оптические датчики тока появились в начале 70-х годов. Мировая промышленность увидела первое оптическое волокно, которое стали использовать не только для дистанционной подачи оптических сигналов, но и для волоконно-оптических датчиков. На тот момент это не вызвало большого резонанса и промышленность редко использовала подобные элементы. Спустя время технология оптических датчиков развивалась и в Канаде впервые приступили к работе по выводу оптических трансформаторов на мировой рынок. На данный момент промышленность, поставка электрической энергии и прочие области деятельности широко применяют такие приборы.

В настоящее время для контроля и учёта активной и реактивной электроэнергии и мощности на промышленных предприятиях используют автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ). Их метрологические характеристики определяются прежде всего установленными измерительными приборами и масштабирующими преобразователями — измерительными трансформаторами тока (ТТ) и трансформаторами напряжения (ТН), необходимыми для организации корректной работы датчиков с цепями высокого напряжения и тока.

На сегодняшний момент обширное применение в АИИС КУЭ имеют индуктивные измерительные ТТ и ёмкостные и индуктивные ТН имеют ряд существенных недостатков, влияющих на точность измерений, таких, как:

- большие значения тангенса диэлектрических потерь и ухудшенные переходные характеристики ёмкостных ТН;
- малая ширина полосы пропускания и неравномерная частотная характеристика;
- воздействие вторичных цепей на точностные характеристики информационно-измерительного комплекса (далее ИИК).

Во всех сферах промышленности не менее важны и рабочие характеристики (промышленная безопасность, эксплуатационные расходы), на которые негативное воздействие оказывают следующие показатели:

- насыщение трансформатора тока при КЗ;
- явление феррорезонанса;
- небезопасность размыкания вторичных цепей трансформатора тока;
- присутствие внутри корпуса наполнителя в виде масла или элегаза;
- крупные габариты и масса устройств;
- невысокая сейсмостойкость.

Принцип работы оптического измерительного трансформатора тока базируется на магнитооптическом эффекте Фарадея, он состоит в повороте плоскости поляризации света при его прохождении через вещество, которое находится в магнитном поле. Благодаря этому эффекту, возможно получить высокую точность измерений, а при регистрации параметров световой волны, отражаемой в конце оптического волокна, выходной сигнал датчика не зависит от воздействия температурных факторов внешней среды и устойчив к вибрации.

Принцип работы оптического измерительного трансформатора напряжения (ТН) основан на электрооптическом эффекте Погкельса. Вследствие двуканального метода измерения возникает устойчивость к температурному воздействию, вибрациям и колебаниям яркости лазерного источника света. Оптические измерительные ТН разработки компании NxtPhase рассчитаны на токи 100-4000 А и напряжения от 110 до 800 кВ и обеспечивают такие же точностные характеристики, как оптические измерительные ТТ. При этом электронный блок выдаёт информацию с разрядностью 32 бита по 80 отсчётов на период при частоте 4000 Гц для систем защиты и по 256 отсчётов на период при частоте 12800 Гц для систем измерения и контроля показателей качества электроэнергии.

Используя при построении информационно-измерительных комплексов (ИИК) предшествующие оптическим, индуктивные трансформаторы, можно получить погрешность измерений составляющую не менее 0,2%. Оптические трансформаторы тока (ТТ) с аналоговыми выходами в аналогичных схемах позволяют достичь погрешности от 0,15% до 0,12%. При использовании оптических трансформаторов с цифровым выходом, становится реальным уменьшить погрешность до 0,11-0,1% [2].

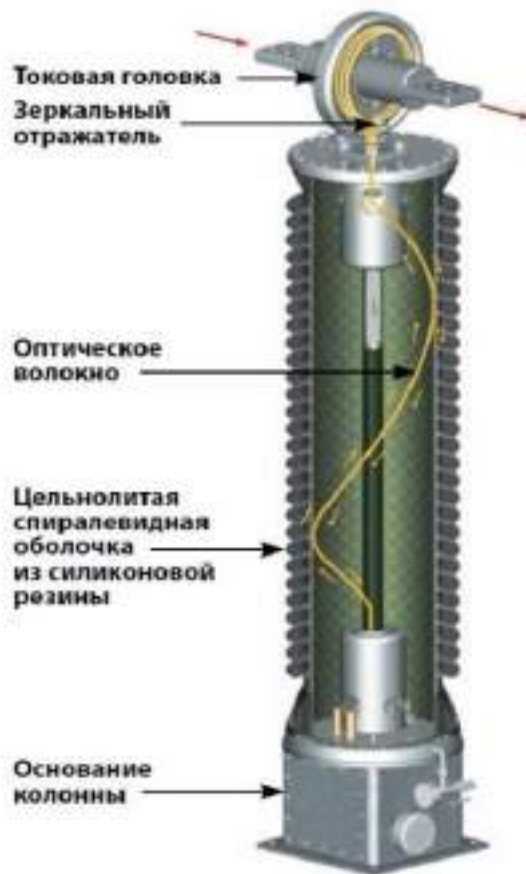


Рисунок 1 – Устройство оптического трансформатор тока (ОТ)



Рис. 2 – Устройство оптического трансформатора напряжения (ОТН)

Применение оптических методов измерения тока позволяет получать измеренные значения сразу в цифровом виде, а примененная схема измерения напряжений гораздо больше повышает точность измерений и уменьшает погрешности. Введение в эксплуатацию на энергетических объектах этих электронных трансформаторов гарантирует технологию измерений на качественно новом уровне и приближает такие объекты к полноценному переходу к цифровой подстанции и технологии Smart Grid.

Таблица 1 - Технические характеристики оптических трансформаторов тока

Технические характеристики оптических трансформаторов тока	
Классы напряжений	От 36 кВ до 1150 кВ переменного тока, от 25кВ до 800кВ постоянного тока
Классы точности	0,2S – для измерения, 5P – для защиты
Диапазон номинальных токов, А	100-4000
Ток термической стойкости (1 с), кА	63
Ток электродинамической стойкости, кА	170
Интерфейсы	
Цифровой	IEC 61850-8-1/9-2LE
Аналоговый LEA-интерфейс	4 В – измерение, 200 мВ - защита
Аналоговый HEA-интерфейс	1 А, 5 А
Полоса пропускания	От 10 Гц до 6 кГц (расш. – до 20 кГц)
Питание	
Напряжение питания электронного блока	От 70 до 150 В постоянного тока
Номинальная потребляемая мощность, Вт	50
Механические параметры	
Масса, кг	49-95
Высота, м	1,5-6,3
Изолятор	Композитный сухого типа с защитной цельнолитой оболочкой из силиконовой резины

Оптические трансформаторы разработаны в соответствии со следующими основными стандартами:

- IEC 60044-1 (ГОСТ 7746) «Трансформаторы тока»;
- IEC 60044-2 (ГОСТ 1983) «Трансформаторы напряжения»;
- IEC 60044-7 «Электронные трансформаторы напряжения»;
- IEC 60044-8 «Электронные трансформаторы тока»;
- ГОСТ Р МЭК 61850 «Сети и системы связи на подстанциях» [3];

По отношению к традиционным трансформаторам введены дополнительные нормативы по:

- Требованиям по измерению гармоник
 - Расширены требования к числу контролируемых гармоник и пределам допускаемых амплитудных и угловых погрешностей;
 - Введены требования к точности измерения гармоник и субгармоник для приложений защиты;
 - Требованиям к аналоговым и цифровым интерфейсам;
 - Введены дополнительные интерфейсы передачи измерительной информации;
- Стоит отметить и другие главные преимущества оптических трансформаторов тока и напряжения в сравнении с индуктивными и ёмкостными:
- высокая точность достигается в широком спектре температур;
 - отсутствие электрических связей между силовыми и измерительными цепями исключает повреждения при аварийных режимах работы силовых сетей;
 - четкое воспроизведение формы тока при коротком замыкании;
 - расширенная полоса пропускания и линейность амплитудно-частотной характеристики в широком диапазоне позволяют контролировать качество электроэнергии с учётом до 100 гармоник;
 - значительно меньшая масса, позволяющая уменьшить габариты фундаментов и стальной арматуры, упростить установку;

- большой срок эксплуатации;
- высокая сейсмостойкость;
- повышенная безопасность вследствие отсутствия масла и элегаза;
- устойчивость к внешним физическим воздействиям;
- стойкость к загрязнённости полимерного изолятора;
- простота утилизации. [2]

Что касается экономической стороны эффекта при производственном использовании оптических трансформаторов в информационно-измерительных комплексах (ИИК) на подстанциях 110 кВ мы пришли к выводу, что их установка целесообразна при капитальной реконструкции нынешних подстанций либо построении новых. При этом комплексный измеритель параметров электрической энергии, интегрированный в оптические трансформаторы, будет выдавать данные сразу для автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ), систем телемеханики и измерения параметров качества электроэнергии. Большая экономия достигается через увеличение поверочного интервала с 4 до 12 лет и исключения множества поверочных процедур.

Все выявленные преимущества позволяют успешно использовать оптические трансформаторы в различных сферах жизнедеятельности. Таким образом, оптический трансформатор – это более точный и удобный прибор, сочетающий в себе функции преобразования тока и напряжения, помогающий определить их величину. В настоящий момент оптический трансформатор – это удобный вариант защиты промышленных процессов и обеспечения безопасности работников.

Библиографический список:

1. ГОСТ 32144–2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014–07–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. Оптические трансформаторы тока и напряжения: принцип работы, виды, сферы применения, особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lemzspb.ru/opticheskiye-transformatory-toka-eto/>
3. ГОСТ Р МЭК 61850 «Сети и системы связи на подстанциях» - Введ. 2013-02-04. –М. : Стандартинформ, 2013. - 129 с.

УДК 620.93;662.769.21

Перспективы водорода в мировой энергетике

Блоцкий В.Р., Полетаев С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время СМИ ведёт агитацию «зелёного» энергетического уклада, который заключается в наборе методов и средств для сокращения парниковых выбросов. Исторически, данная тема поднималась в США и далее, распространилась на весь мир. Также, в мировой промышленности наблюдается исчерпание энергетических природных ресурсов, поэтому одним из направлений будущего энергоперехода, политические институты власти рассматривают водородную энергетику, так как водород энергетически более эффективен, чем традиционные источники энергии.

На основании анализа либеральных СМИ, применение водорода создаст революцию в промышленности, автомобильном транспорте, авиатранспорте, железнодорожном и водном транспорте, в коммунальном хозяйстве и во всем топливно-энергетическом комплексе. В результате нарисована идеальная картина энергетического будущего.

В статье рассматривается вопрос использования водородной энергетики с позиции технического специалиста. При использовании водорода необходимо решить следующие вопросы:

1. Разработка экономически обоснованных способов получения водорода;
2. Вопросы хранения и транспорта водорода к потребителю.

В мировой практике применяется цветовая градация дифференциации способов получения водорода по количеству выбросов в атмосферу:

- «Зеленый» водород производится с помощью возобновляемых источников энергии, на данный момент - методом электролиза воды

- «Желтый» водород отличается от «зеленого» лишь тем, что он производится с помощью атомной энергии, также методом электролиза воды.

- «Голубой» водород производится из природного газа, а углекислый газ улавливается и накапливается в специальных хранилищах.

- «Серый» водород получают, в большинстве случаев, из ископаемого топлива без применения технологий захоронения или улавливания углекислого газа. При его производстве вредные выбросы будут идти в атмосферу.

В Европе, среди «голубых» технологий производства, рассматривают получение водорода из природного газа методом паровой конверсии, принцип которой изображен на рисунке 1.

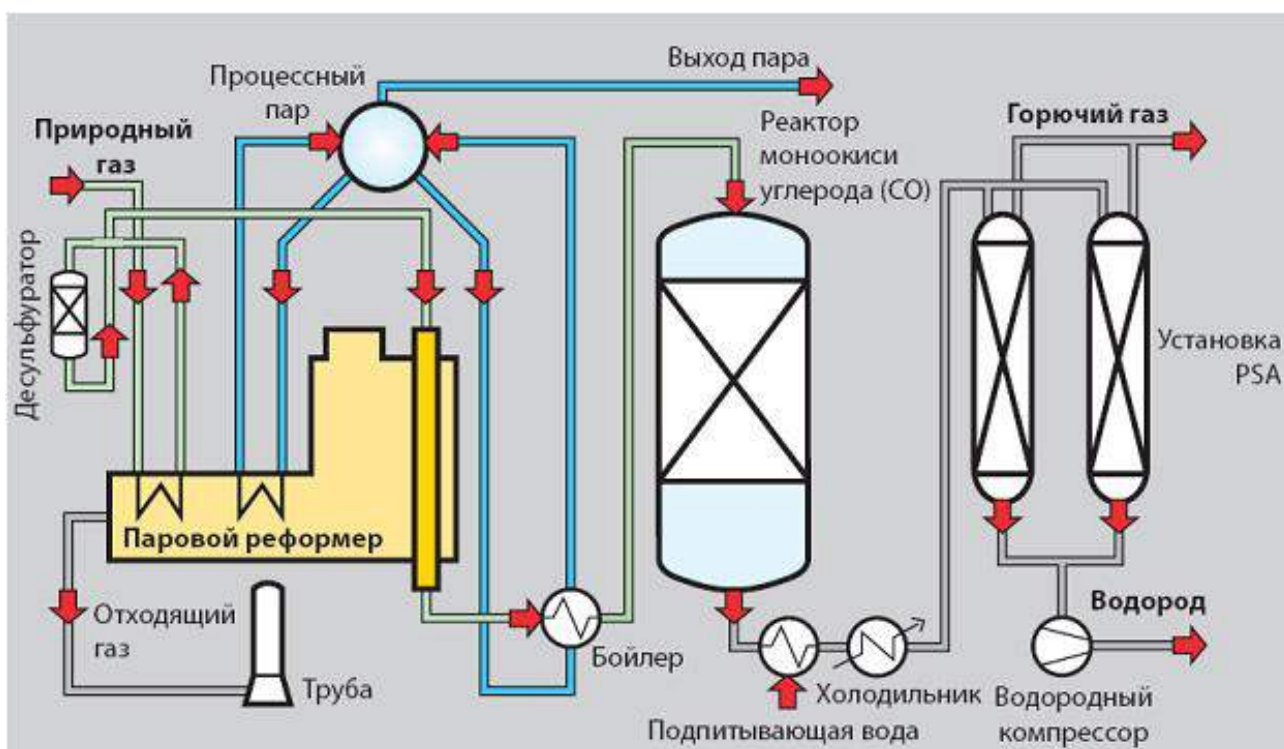


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки производства водорода методом паровой конверсии

Данный метод известен с конца XIX века и позволяет получать водород с разной степенью чистоты: 95-98% и особо чистый с содержанием водорода 99%. Технология данного метода заключается в пропускании природного газа и водяного пара над никелевым катализатором [1]. Блоки фильтров короткоциклового адсорбции КЦА (PSA) могут обеспечить 99% чистоту водорода. Этот метод распространён и достаточно дешёв, но можно выявить ряд недостатков:

- Большие выбросы дымовых газов в атмосферу, содержащие большое количество углекислого газа;

- Высокая стоимость перегретого водяного пара.

При использовании данной технологии необходимо утилизировать углекислый газ, путём его закачки в отработанные месторождения газа. Это обуславливает высокие цены на водород, полученный данным методом.

В России Газпромом предложена технология производства водорода методом адиабатической конверсии метана. Ее технологическая схема изображена на рисунке 2.

Данная технология позволяет получить метано-водородную смесь с большей производительностью, чем рассмотренные выше, так как позволяет предварительно фракционировать природный газ и имеет меньшие температуры нагрева водяного пара и

большой срок службы установки, однако при этом, данная технология еще вышла в полномасштабное производство, в связи с отсутствием интеграции технологии утилизации теплоты уходящих газов.

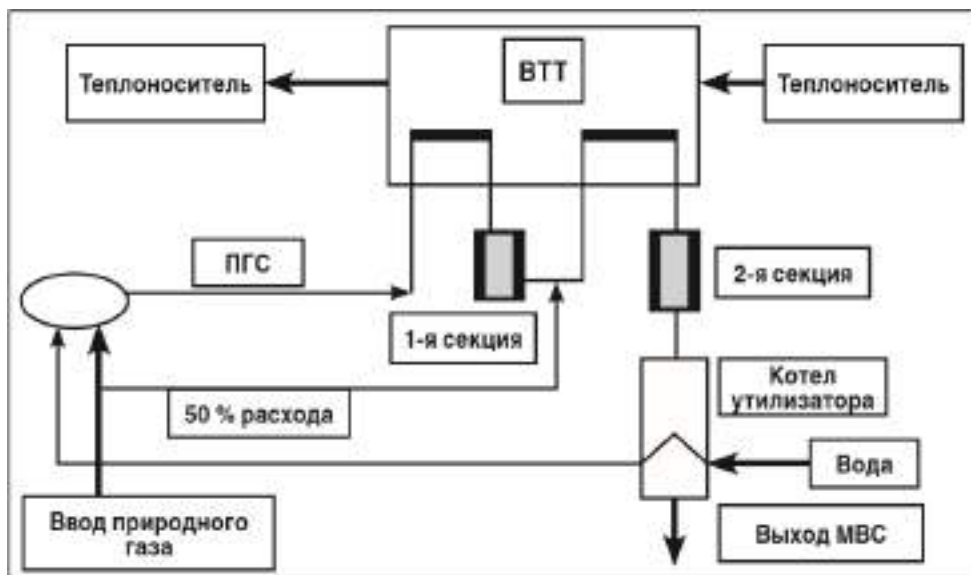


Рисунок 3 - Технологическая схема адиабатической конверсии метана

Меньшими выбросами углерода обладает технология производства водорода методом пиролиза, схема которой изображена на рисунке 3.

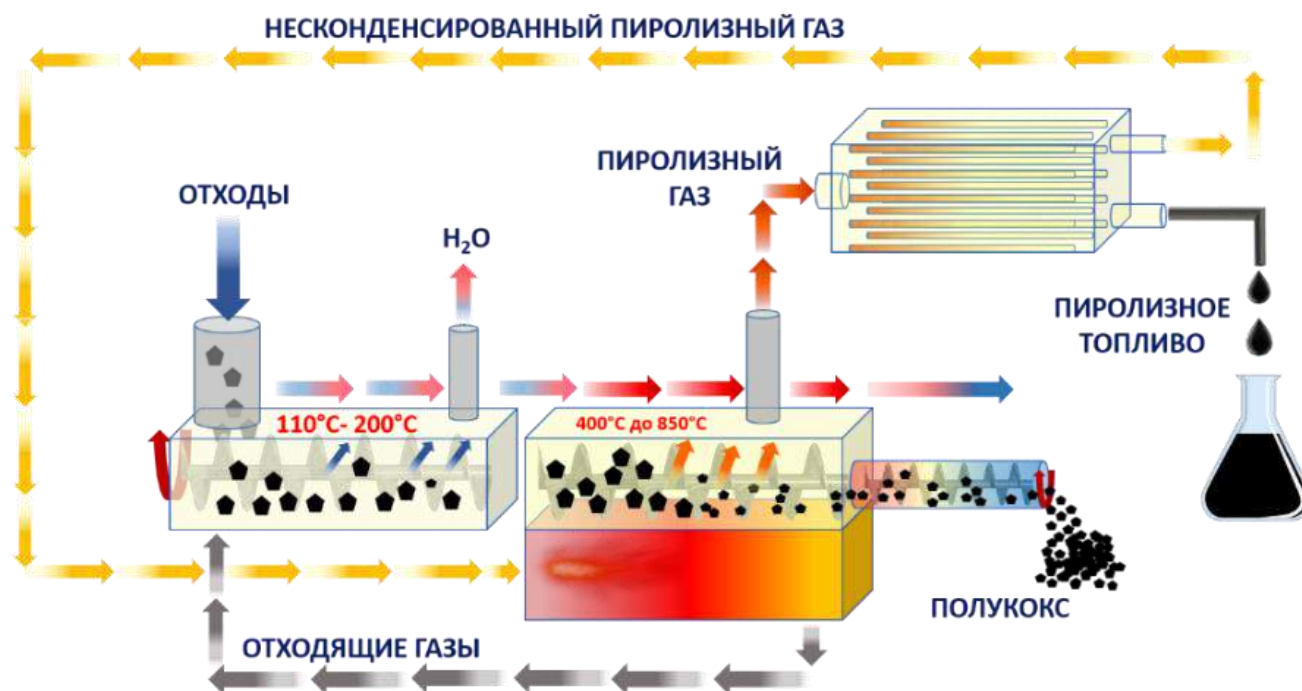


Рисунок 3 - Принципиальная схема процесса пиролиза

При работе пиролизной установки исходный продукт в виде метана полностью переходит в водород и углерод. Данная технология разработана в России и не имеет мировых аналогов. Она относительно проста и компактна и при этом, наблюдается значительное сокращение выбросов углекислого газа.

К «желтым» и к «зелёным» технологиям относят производство водорода из воды электролитическим методом разложения воды на водород и кислород. Данный метод изображен на рисунке 4.

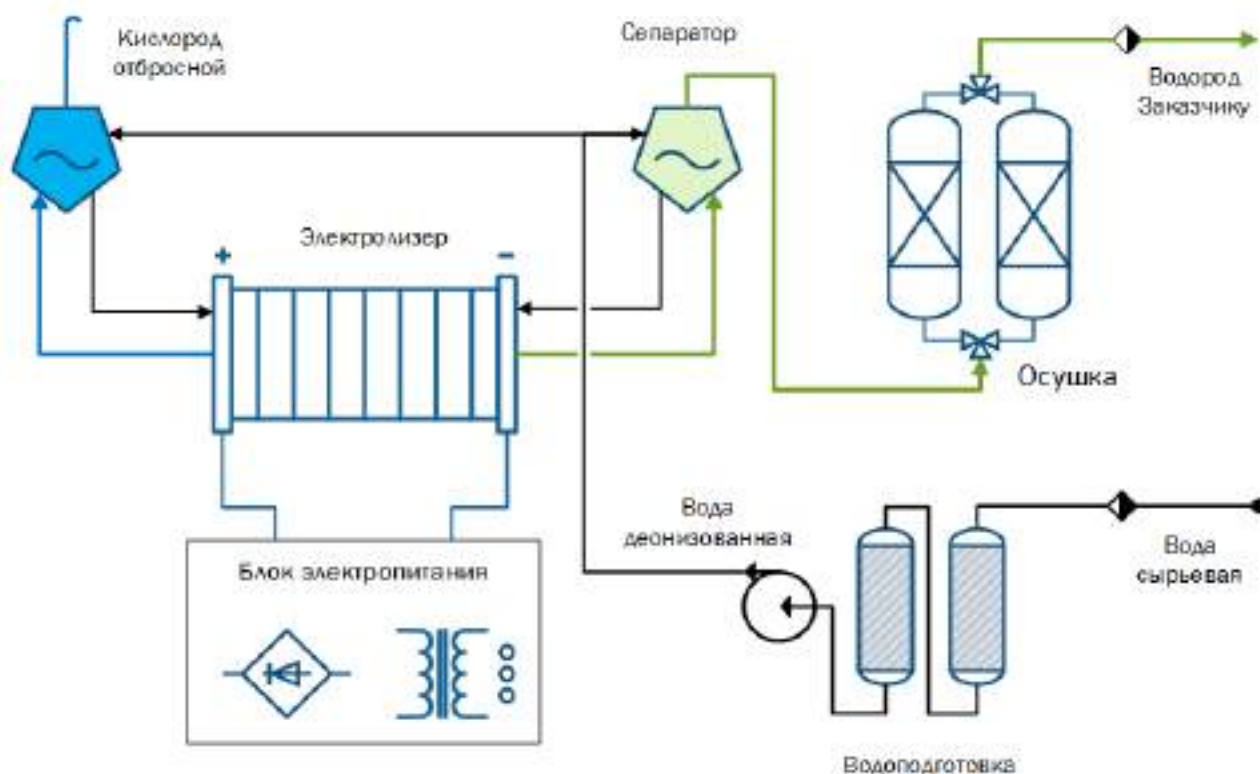


Рисунок 4 - Принципиальная схема установки производства водорода методом электролиза

Так получают водород с чистотой 99,99%. Процесс производства автоматизирован и полностью отсутствуют выбросы углекислого газа, однако происходит очень большое потребление электрической энергии [2].

Все перечисленные методы получения водорода из-за высокой стоимости в настоящее время не совсем экономически обоснованы.

Далее, рассмотрим вопросы хранения и транспортировки водорода. Известны факты: Воздействие водорода на сталь проявляется в двух формах:

1. Охрупчивание – при повышении концентрации водорода.
2. Обезуглероживание – в результате реакции водорода с углеродом стали, карбидная фаза у границ зёрен перлита постепенно уменьшается.

Вышеперечисленные факторы способствуют к резкому снижению пластичных свойств и хрупкому разрушению сталей. Соответственно, хранить и транспортировать водород традиционными методами в долгосрочной перспективе и без значительных неизбежных потерь невозможно.

Выводы: Рекламируемая СМИ водородная энергетика в использовании на данный момент не совсем экономически обоснована, однако в нашей стране разработаны целесообразные методы получения водорода, но возникают существенные трудности при его хранении и транспортировке. Пути решения данной проблемы таковы:

1. Разработка экономически целесообразных методов транспортировки и хранения водорода.
2. Строительство станций получения водорода рядом с потребителями.

Библиографический список:

1. Общая энергетика: водород в энергетике : учебное пособие для вузов / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 230 с. —
2. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229, [3] с.

Оценка электрического поля высоковольтной ЛЭП при обрыве линии

Андреев А.А., Безносиков К.П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Обрывы воздушных ЛЭП происходят достаточно часто по различным причинам, в основном из-за природных явлений, как следствие, повлиять на частоту подобных аварий почти невозможно. Но и не обращать на них внимание нельзя, поэтому важнейшими мероприятиями в подобной ситуации для минимизации будущего ущерба от отсутствия электроэнергии являются оперативная локализация и устранение обрыва. Поскольку рост производства и потребления электроэнергии, развитие электрических сетей, объединенных в единую энергетическую систему страны приводит к все увеличивающейся части населения, попадающей под воздействие электромагнитного поля высоковольтных воздушных линий электропередачи. Электрическое поле промышленной частоты является биологически действующим фактором окружающей среды. При систематическом воздействии уровнями, превышающими ПДУ, электрическое поле может вызывать изменения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, а также некоторых обменных процессов, иммунологической реактивности организма и его воспроизводительной функции.

В основном наибольшие трудности возникают в поиске обрыва ВЛ, которое связано с необходимостью выезда ремонтной бригады на место аварии и поиску нужного участка. В результате происходят большие трудозатраты, а это экономически невыгодно, поэтому возникает необходимость дистанционного поиска мест повреждения ВЛ.

Для дистанционного поиска аварий уже существует большой перечень оборудования, основанного на различных методиках поиска. Таких как импедансный – замеры силы тока и напряжения в воздушной линии для вычисления мест неисправности компьютером, и волновой – поиск неисправности по времени прохождения волны.

При обрыве ЛЭП нарушается однородность электрического поля вдоль проводника, что характеризуется отсутствием напряженности в месте разрыва. Следовательно, появляется возможность дистанционного контроля целостности воздушной ЛЭП.

Для поиска повреждений ЛЭП дистанционными методами при помощи датчиков электрического поля необходимо провести оценку напряженности электрического поля вдоль проводника и в месте обрыва.

Для примера рассмотрим однопутный участок, состоящий из круглого проводника АС-95 площадью поперечного сечения $S = 95 \text{ мм}^2$ и диаметром $D = 13,5 \text{ мм}$ под напряжением $U = 10 \text{ кВ}$.

Произведем оценку распределения электрического поля вдоль провода и в месте обрыва. Согласно общей теории поля вдоль проводника электрическое поле однородно, а в месте обрыва однородность поля нарушается. Для расчета поля вдоль проводника примем расчетную схему, показанную на рисунке 1. В месте обрыва проводник имеет круглое сечение, поэтому место обрыва можно рассматривать в качестве эквивалентного конденсатора круглого сечения с воздушным диэлектриком между пластинами.

Напряжение электрического поля для однопутной линии определяется выражением из методического пособия [1]:

$$E_y = \frac{U}{p} \left[\frac{h_n + y}{(h_n + y)^2 + x^2} + \frac{h_n - y}{(h_n - y)^2 + x^2} \right] \text{ [ф. 8,8 стр. 72]},$$

Где U – напряжение сети

h_n – высота подвеса

y – расстояние от земли до точки, в которой определяется поле

x – отклонение точки определяемая напряжением поля от вертикали по горизонтали (в нашем случае отклонения нет)

p – геометрический коэффициент

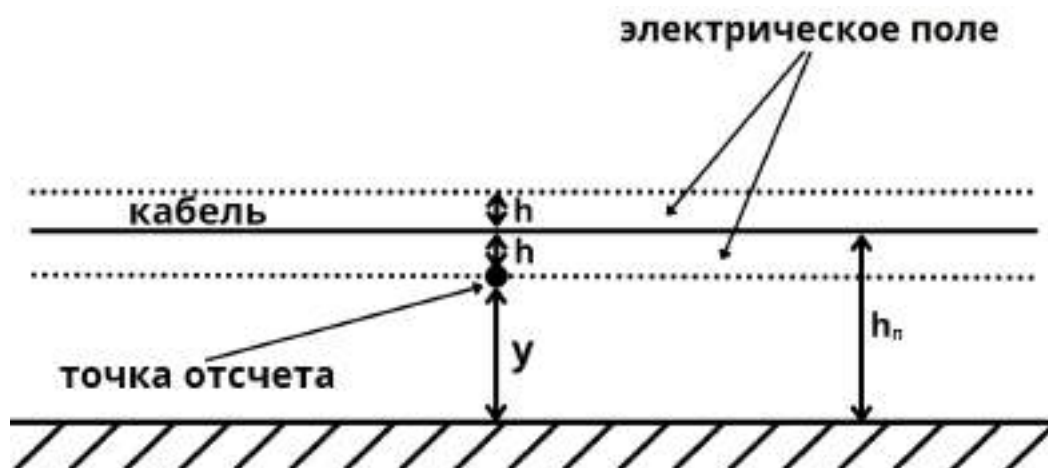


Рисунок 1 – Расчетная схема распределения электрического поля

Напряжение электрического поля вдоль проводника будем определять шагом 1 м от оси линии с учетом высоты подвеса провода 6 м.

Пусть $h = 1$ м, тогда $y = 6 - 1 = 5$ м, далее определим поля на заданном расстоянии h :

$$\frac{U}{p} = \frac{U}{\ln\left(\frac{2 \cdot h_n}{\frac{1}{2}D}\right)} = \frac{10}{\ln\left(\frac{2 \cdot 6}{0,00675}\right)} = 1,34 \text{ [ф. 8,7 стр. 71].}$$

$$E_y = 1,34 \left[\frac{6 + 5}{(6 + 5)^2} + \frac{6 - 5}{(6 - 5)^2} \right] = 1,462 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 1462 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Определим напряжение электрического поля для остальных точек, учитывая шаг в 1 м, расчет производится аналогично приведенному выше, результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – результаты расчета напряженности поля

h, м	1	2	3	4	5
E, В/м	1462	804	565	502,5	460

Далее определим напряженность электрического поля в месте обрыва, рассмотрев его как эквивалентный круглый конденсатор. Напряженность в данном случае определим по формуле:

$$E = \frac{U}{d'}$$

где d – расстояние между пластинками эквивалентного конденсатора.

Расчет в месте обрыва будем проводить с учетом изменения расстояния между пластинами конденсатора d с шагом в 10 см, результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2-напряженность поля в месте обрыва ВЛ.

d, см	10	20	30	40	50
E, кВ/см	1	0,5	0,33	0,25	0,2

Общее электрическое поле в месте обрыва возможно определить на основе принципа суперпозиции, как общее полей распределенное вдоль провода и поля в точке обрыва.

Схематичное расположение полей изображено на рисунке 2.

На основании изложенного выше можно сделать следующее заключение:

- 1) В месте обрыва провода происходит снижение напряжения электрического поля.
- 2) Возможно дистанционно определить напряжение поля на безопасном расстоянии.
- 3) Необходимо практически исследовать скорость изменения электрического поля в месте обрыва провода в зависимости от расстояния между проводами в точке обрыва.

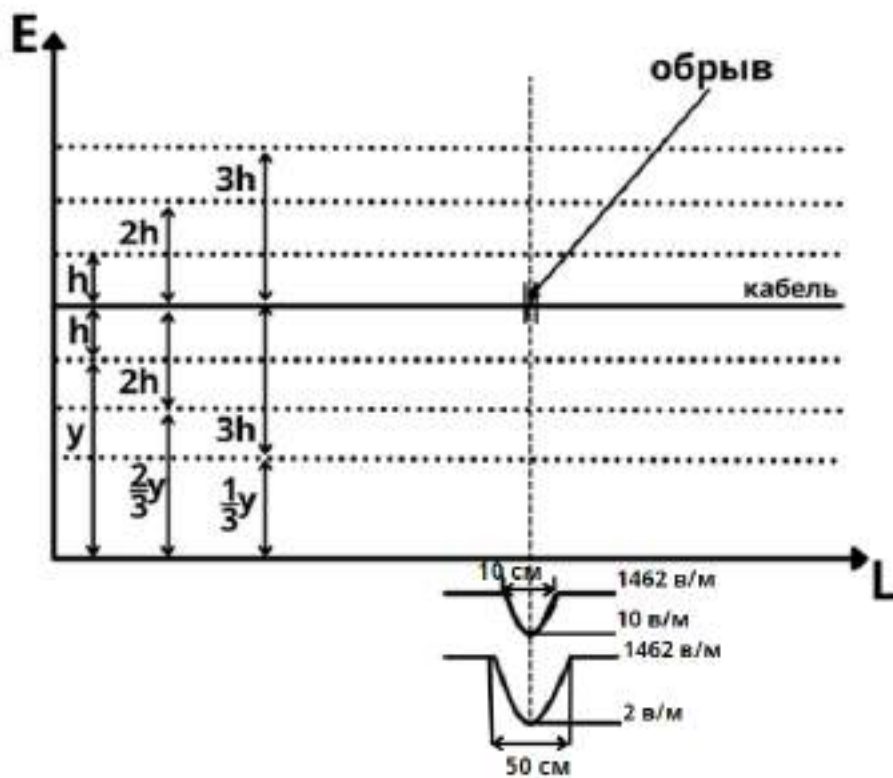


Рисунок 2 - схематичное расположение полей.

Библиографический список:

1. Бессонов В.А. Электромагнитная совместимость: Учебное пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2000. – 80 с.

СЕКЦИЯ 2. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 331.087

Архитектурная концепция школы будущего

Алехина Я.А., Миронюк А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Начальные знания ребенка закладываются в школе, ведь это то место, где определяется судьба человека – его будущая профессия, хобби. Именно со школы начинается подготовка к взрослой жизни ребенка.

Разберем понятие «Школа». Каждый из людей проходил этот этап взросления. Первое, что приходит в голову при упоминании школы, это, конечно же, ребенок. В школе у каждого человека формируется свой круг общения, он выстраивает личные границы, находит друзей, обживает в современном социуме, строя свою небольшую ячейку общества, например, компанию друзей. Происходит социальная адаптация ребенка на начальном этапе его развития. В ходе нескольких лет обучения строится личность человека, структурируется его характер. Маленький человек развивается и чтобы обеспечить это комфортное и безопасное развитие, следует создать такую среду обучения, которая будет соответствовать современным критериям формирования среды и методов обучения (рис. 1). Так же важно учитывать региональную направленность школы. У каждого региона есть свои традиции, свой язык, флаг, гимн и т.д., что, несомненно, влияет на внешний и внутренний облик школы. Среда обучения должна напоминать ребенку о своей родине.



Рисунок 1 - Понятие «ШКОЛА»

Школа будущего должна отвечать не только настоящим, но и будущим критериям. В связи с этим, в рамках создания школы будущего предлагаются следующие шесть важных тезисов архитектурной концепции (рис. 2):

1. Этнически-региональная направленность

Каждый регион обладает своими уникальными особенностями – национальная принадлежность, местный утверждённый язык, традиции, обычаи, знаки и символы Республики Коми. В данном контексте внимание заслуживает лингвистическая символика Коми – алфавит и его влияние на формирование объема школы и прилегающей к ней территории.



Рисунок 2 - Тезисы школы будущего

История коми алфавита

В 1924 году решением IV областного съезда Советов на территории Коми Автономной области были провозглашены два государственных языка – коми и русский.

Такое положение сохранялось до принятия Конституции Коми АССР в 1937 году. Коми язык являлся языком обучения в школах Республики. Работали коми детские сады. Уже с 1 января 1939 г. появился нынешний вариант кириллического алфавита, более приближенный к русской графике. От русского алфавита он отличается только двумя буквами - «Ӗ» и «Ӧ». Вышедший в 1958 году закон о школе предоставил право родителям определять, в школу с каким языком обучения отдавать своих детей, так стал возможен отказ от обучения на коми языке. С середины 1970-х гг. обучение на коми языке сузилось до двух предметов: коми языка и коми литературы. Конституция Республики Коми, принятая в 1994 году, провозгласила коми язык одним из двух государственных языков республики [2].

Форма школы в плане представлена в виде отличительной буквы коми алфавита «Ӗ», сплюсненной по оси Z. Исходя из такой конфигурации формируется общий внутренний атриум для свободного времяпрепровождения детей (рис. 3). Разрезка территории - угловатая, напоминает узоры коми орнамента (рис. 3).

1. Территория школы

Территория школы располагается на периферии лесопарковой зоны и городской застройки, в своеобразной буферной зоне между природной и урбанизированной территориями. В качестве архитектурной идеи, по мнению автора симбиозом природного и искусственного может выступить плод хвойных растений – шишка. Шишка - округлая природная форма с текстурой угловатой чешуи напоминает застройку города. Был взят ее внешний вид, стилизован в упрощенную текстуру и наложен на территорию школы (рис. 4).

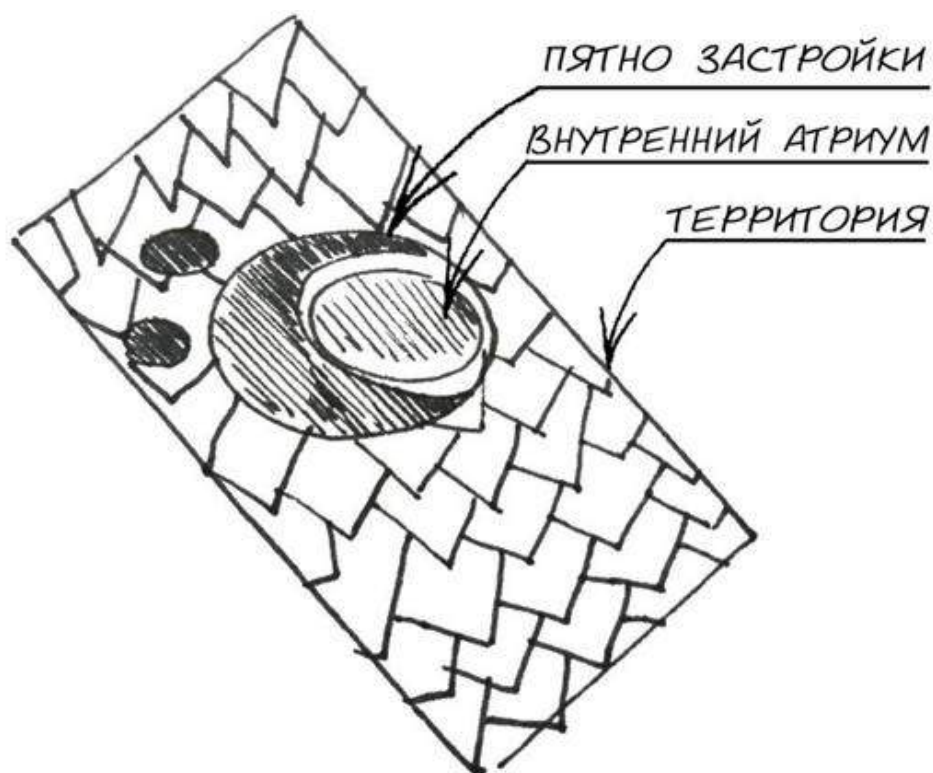


Рисунок 3 – Концепция формирования объема и территории школы



Рисунок 4 - Формирование территории школы

На аэродинамическую характеристику здания оказывают существенное влияние элементы благоустройства, особенно зеленые насаждения, которые также необходимо учитывать при благоустройстве прилегающей территории здания. Варьируя размещение здания школы, а также располагая соответствующим образом элементы благоустройства, можно добиться наиболее выгодных с точки зрения архитектурной аэродинамики решений в конкретных природно-климатических условиях [1]. В связи с этим, объем здания располагается параллельно одной из диагональных осей территории. Такое размещение школы обусловлено направлением основных потоков воздуха, согласно розы ветров ухтинского района (преобладающие - западный и южный ветра). Тем самым, территория школьного двора будет ограждена от ветра с западной стороны – лесным массивом, а с юго-восточной и южной – объемом здания (рис. 5-6). Защита входной зоны от ветровых нагрузок будет решаться за счет озеленения территории. Школа должна быть прежде всего безопасной и комфортной. Это могут обеспечить: достаточное освещение территории, озеленение, создание безбарьерной среды для всех слоев населения (включая маломобильную группу людей), места для отдыха.

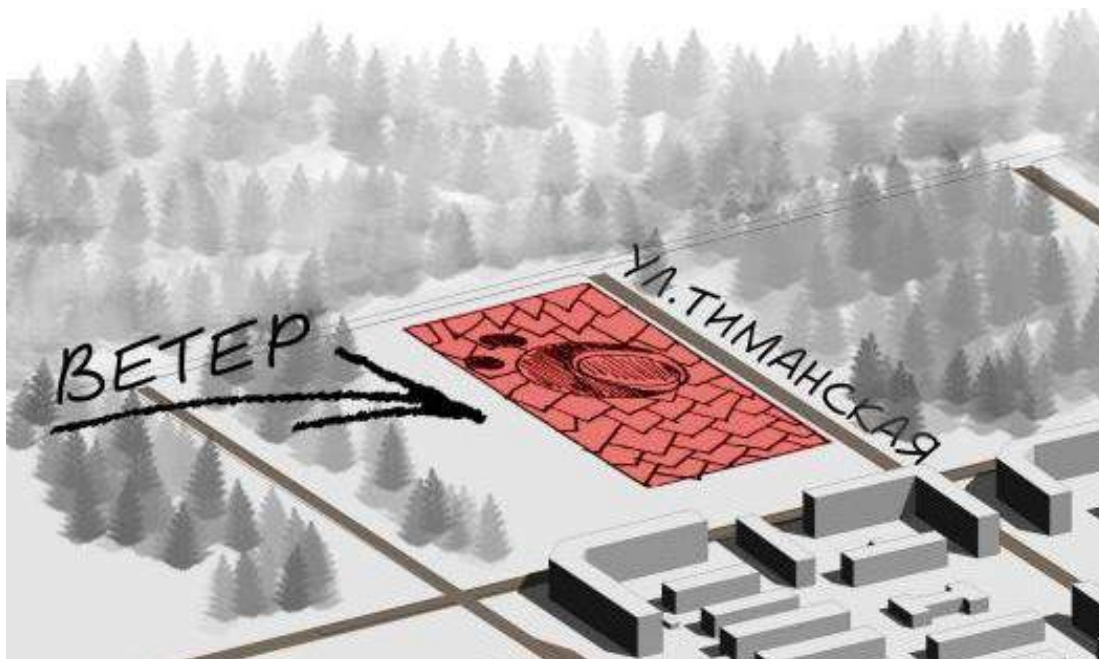
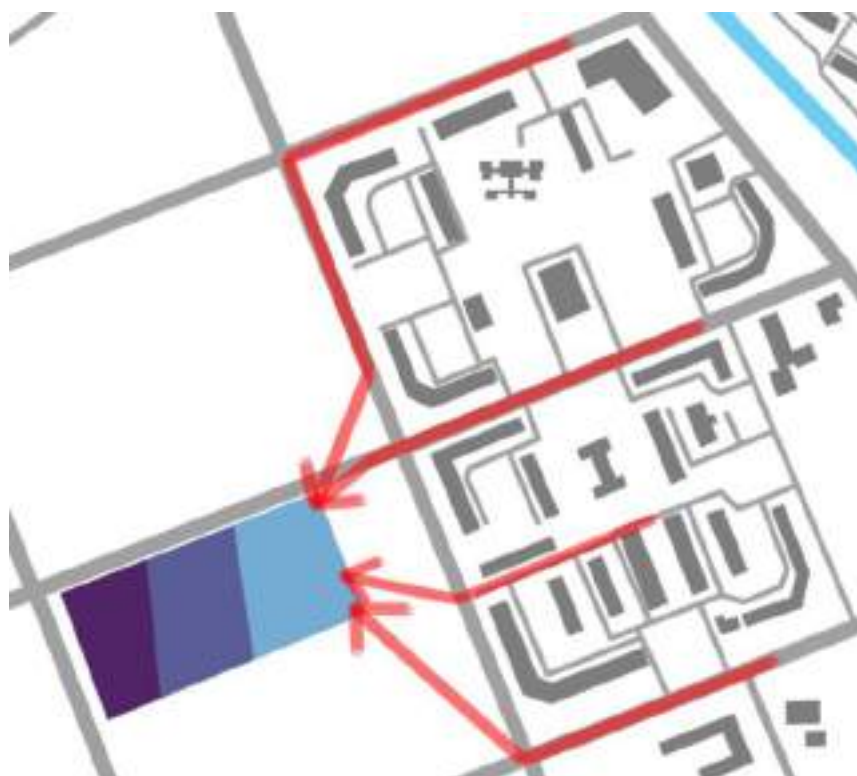


Рисунок 5 - Размещение объема школы на территории







-  Основные потоки населения к территории
-  Выходная зона территории
-  Зона постройки
-  Зона школьного двора

Рисунок 6 - Территориальное зонирование школы

2. Архитектурная идея формы школы

Природно-климатические условия оказывают существенное влияние на микроклимат зданий, определяют экономическую целесообразность тех или иных способов его регулирования. Выбор и расчет ограждающих конструкций зависит от внешних климатических воздействий. Одним из внешних факторов является ветер, который способствует проветриванию помещений, увеличивает теплопотери зданий, изменяет тепловой режим ограждений. Актуальность проблемы связана с развитием строительства в районах, характеризующихся сильными ветрами, отсюда, по мнению автора, вытекает целесообразность использования обтекаемой формы для школы, похожей по форме на шишку – плод хвойных растений (рис.7).

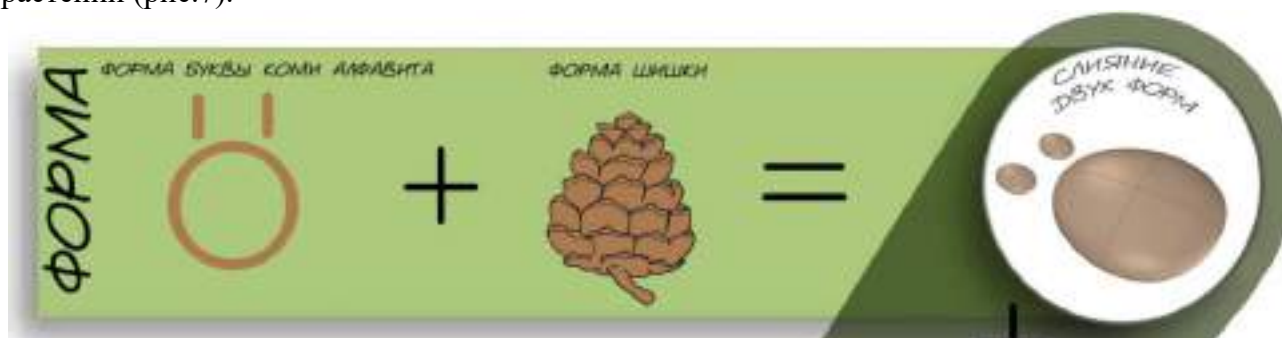


Рисунок 7 – Концепция формирования объемной формы школьного здания

В мировой практике за последние несколько десятков лет новый приток энергии приобрело использование законов формообразования живой природы в архитектуре. В мире все между собой связано; не существует преград между живой природой и искусственными формами. Они существуют в симбиозе друг с другом, образуя единый «живой» механизм. Таким образом, открывается возможность применения в искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения форм живой природы, использующих современные искусственные строительные материалы для создания обтекаемой природной формы. По схожему принципу формируется и человек, как физическое тело и как личность. Большую часть образования духовных качеств в человеке можно проследить в период школьных лет, когда маленького ребенка помещают в социальную ячейку – учебный класс. Далее ученик старается уживаться в предлагаемых условиях вместе с другими детьми. Предоставить комфортные условия для формирования личности человека может школьная среда, обеспеченная всем необходимым, например, таким как развитие разных личных качеств каждого индивида. При этом современные тенденции в «созревании» человека диктуют формирование среды обитания максимально мобильной. В итоге, открываются новые возможности образования пространства для обучения. Современный метод освоения форм живой природы в архитектуре сводится не к простым формам природы, а к использованию качеств, характеристик и свойств живого организма, которые выражают его функции, схожие с функционально-утилитарными сторонами архитектуры. При трансформировании ядра шишки по центру образуется общее ядро-центр школы, который предстанет общественным центральным звеном объема (рис. 8).



Рисунок 8 – Концепция формирования функциональной структуры школы

Немаловажной частью жизни ребенка в школе является общение со сверстниками, поэтому стоит обратить внимание на формирование общественных зон школы. Планировочная структура сводится к простой схеме: центральное ядро - атриум, вокруг которого на разных уровнях находятся ячейки – группы классов, кабинетов, столовая и иные функции школы. С внешней оболочки, чешуйки которой подчинены принципу спирали Фибоначчи, вниз проецируется рисунок этих ячеек, вычлняются некоторые их группы и формируются группы классов и других функций (рис. 9). Входная зона школы соединена с главной коммуникацией школы, огибающей центральный атриум. Все функции школы соединены с атриумом переходными мостиками-связями поперек общей коммуникации. Освещение кабинетов на нижних этажах решается за счет создания световых колодцев сквозь объем школы (рис. 9)

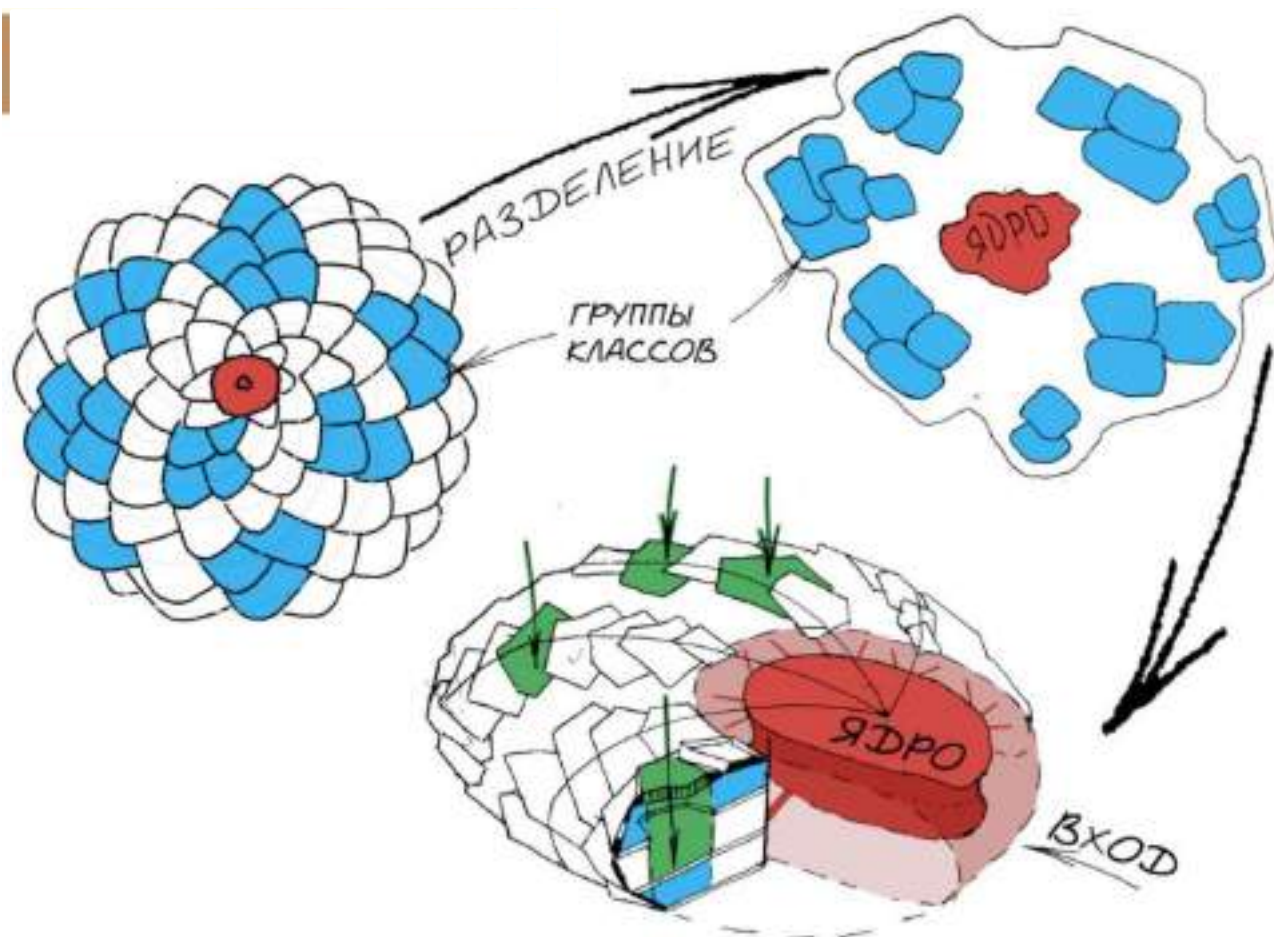


Рисунок 9 – Концепция формирования планировочной структуры школы

Отделка школы, ее внешний облик играют немаловажную роль в формировании ребенка как личности. Рекомендовано использование оттенков природных цветов в обучающих и общественных пространствах, в целях формирования положительного психологического состояния школьника. Внешняя же форма школы представлена в виде отдельных модуль-чешуек – металлических панелей, декорированных под дерево, напоминающих строение шишки.

По убеждениям архитектора Ф.Л. Райта, архитектура должна развиваться целостно, удовлетворяя человеческим жизненным функциям, исходить из этих жизненных функций, а не «подгонять» последние к «абстрактным» архитектурным формам. Органичность архитектуры сводится к построению связи архитектурных форм с местным ландшафтом. Опираясь на выше сказанное, школа будущего будет формироваться за счет влияния таких факторов, как: региональная принадлежность, функциональная структура школьного здания, уклон школы на целостное развитие личности ребенка, формирование комфортной среды для обучения, приближенной по форме и функции к природным качествам живого организма, безопасность и комфорт каждого обучающегося. Школа будет являться симбиозом природного и искусственного (рис. 10).

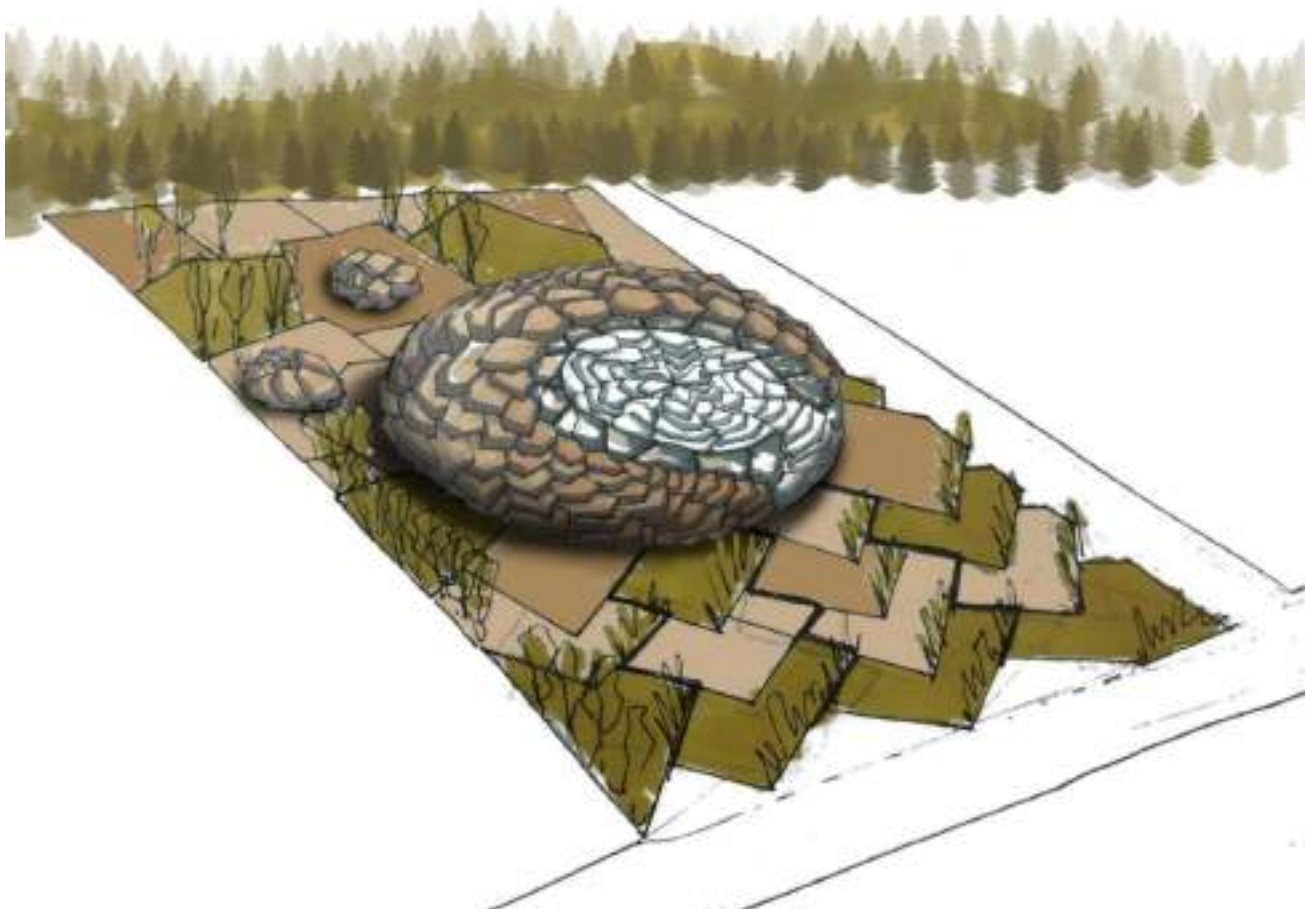


Рисунок 10 - Внешний вид школы будущего

Библиографический список:

1. Аэродинамическая характеристика зданий / Э.И. Реттер, Ф.Л. Серебровский [Электронный ресурс]. - https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4050 (дата обращения 10.03.2022)
2. История языка и письменности Коми [Электронный ресурс]. - <https://komi.rusneb.ru/> (дата обращения 10.03.2022)

УДК 721.012.12

Архитектурная концепция музея «Первая нефть»

Траат Л.А., Миронюк А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном ритме жизни мы забываем об истинных ценностях жизни, и порой не задумываемся о том, что останется от нас в назидание последующим поколениям людей. Главную миссию сохранения социальной памяти, преемственности поколений несут музеи. Стала более заметной постепенная утрата нашим обществом традиционного российского патриотического сознания. Во многом утрачено истинное значение и понимание интернационализма. И здесь деятельности музея в создании системы патриотического воспитания принадлежит важная роль. Она предусматривает формирование и развитие социально значимых ценностей.

Поставленные задачи в известной мере поможет решить создание музея «Ухта – родина первой российской нефти». Создание такого музея для жителей Коми края и гостей республики удовлетворит интерес к истории становления нефтяной промышленности

России, поможет в патриотическом воспитании нового поколения и сориентирует молодежь в выборе будущей профессии.

Архитектурная концепция музея основывается на следующих ключевых понятиях, тесно связанных с нефтяным делом: шахта, бурение, разлив нефти, буровая вышка, нефтепровод, экология. В соответствии с генеральным планом г. Ухты предусмотрено активное развитие левобережной селитебной и рекреационной зон города в западном, экологически благоприятном направлении вдоль основной природной планировочной оси – р. Ухты. Основная меридиональная ось нового жилого района – магистраль, выходящая на новый мост через р. Ухту и связывающая все новые районы города, а также выходящая на новый южный обход города. Архитектурно-планировочная композиция Юго-западного района строится на планировочном раскрытии основных улиц на береговую зону и акваторию р. Ухты и применении приема террасированности застройки. Музей, расположенный на завершении основной меридиональной оси будущего района станет важным звеном – кульминационным акцентом данной территории (рисунок 1). Согласно историческим справкам первая серьезная добыча нефти была осуществлена со дна реки Ухты в 1745 году, которой руководил выходец из Архангельска Федор Савельевич Прядунов. Первую нефть из Ухтинской воды получили весной 1746 года, добыча велась кустарным способом.



Рисунок 1 – Территория, выбранная под проектирование музея «Первая нефть» в городе Ухта

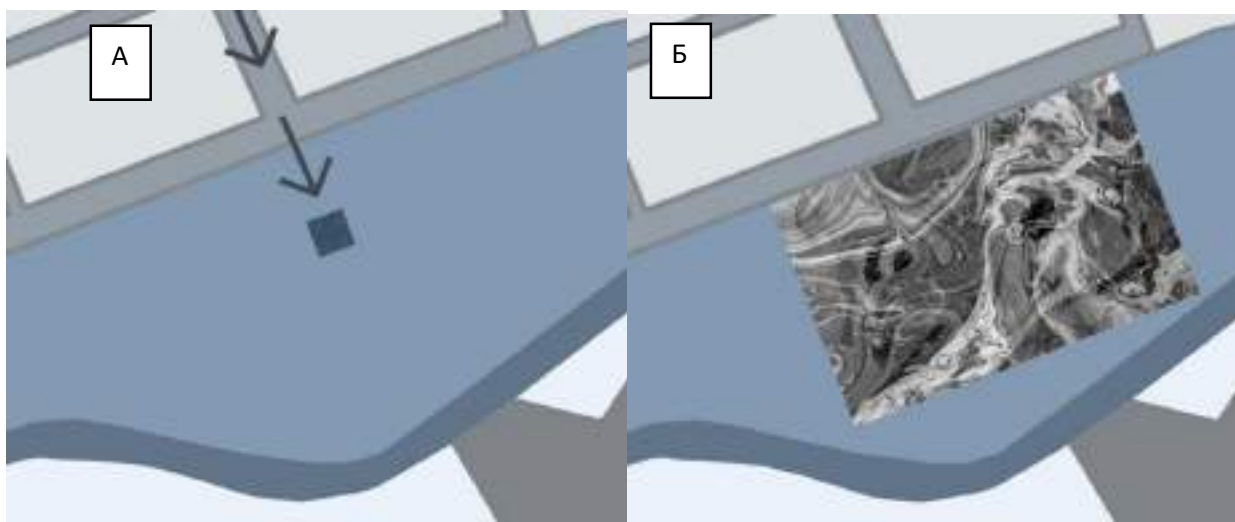


Рисунок 2 – Этапы формирования музейного комплекса: А- расположение основного объема на завершении основной меридиональной оси; Б - концепция формирования территории на основе текстур нефтяных пятен

Концепция формирования территории музейного комплекса состоит из следующих этапов:

1. Расположение основного объема на завершении основной меридиональной оси (рис. 2);
2. Концепция формирования территории на основе текстур нефтяных пятен (рис. 2);

Текстура нефтяных пятен образуют сложные и запутанные системы, похожие на запутанные лабиринты, символизирующие сети нефтепроводов, протягивающиеся на многие километры в Российской Федерации. Помимо этого, текстура нефти представляет хаотичные и беспорядочные пятна, показывающие возможные экологические катастрофы и сложность ликвидации их. Это возможный призыв к правильному обращению с нефтью и нефтепродуктами, контроль поддержания нефтепроводной системы в исправном состоянии, вследствие недопущения нарушения биологических условий обитания всех видов живых организмов на планете в результате человеческого фактора добычи и транспортировки нефти;

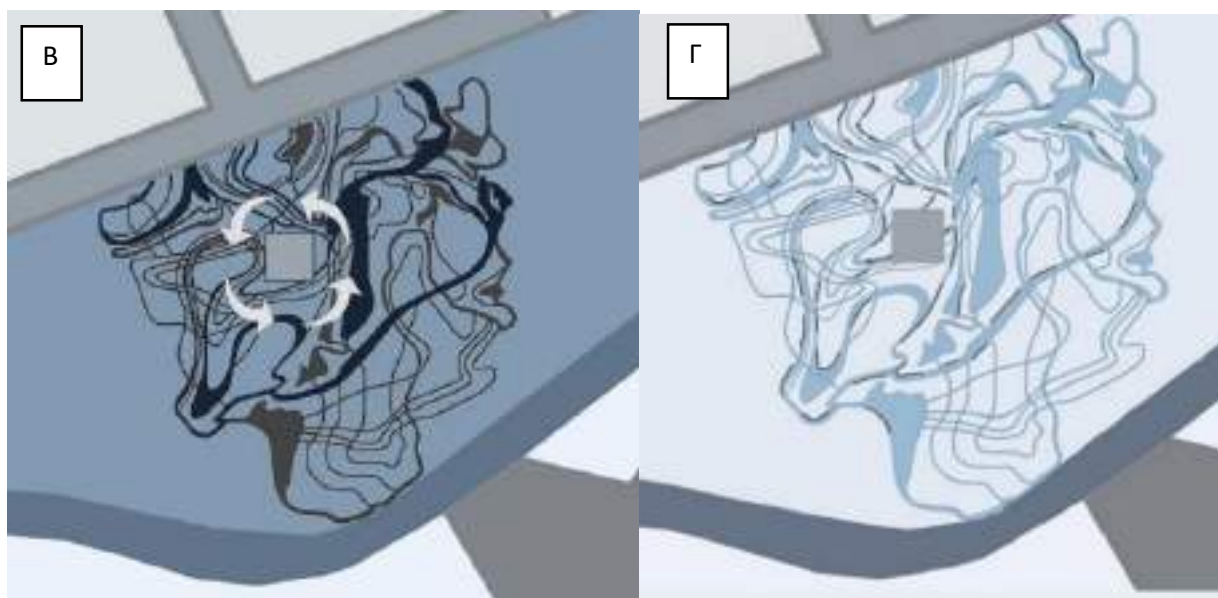


Рисунок 3 – Этапы формирования музейного комплекса: В – концепция формирования пешеходных коммуникаций; Г – схема расположения навигационных «труб» на территории музейного комплекса

3. Концепция формирования основной части музейного объема путем вращения центральной части, символизирующий нефтяной бур в системе пешеходных коммуникаций (рис. 3);

4. Включение в концепцию организации территории и объемно-планировочной структуры музея систему навигационных «труб», символизирующих реальную сеть нефтепровода на территории страны (рис. 3).

Концепция формирования объемно-планировочного решения основано на имитации бурения в шахте для добычи нефти, состоящее из четырех объемов-направлений, спускающие посетителей в подземное пространство и переплетающиеся между собой до самого основания музея (рис. 4).

Внутри объёма главным центральным элементом является вертикальный траволатор (движущаяся бесступенчатая дорожка), который пронизывает весь объём, смещаясь к центру с каждым витком этажа, создавая эффект бурения шахты (рис. 5).

Попадая в музей, посетитель попадает в шахту, проходя все этапы развития добычи нефти сверху вниз, тем самым усиливается эффект погружения в историю, начиная с новейшей истории и постепенно погружаясь к ее истокам (рис. 6-7).

Неким навигатором в музее служат декоративные трубы, имитирующие нефтепровод, которые ведут посетителя по всему объёму музея, каждая труба ведет посетителя по своей исторической линии, в определенный зал. Каждый этаж музея посвящён своему веку развития нефти. На всех этажах посетитель попадает в четыре зала, которые имеют свою определенную направленность, представленную в своем веке (рис. 6, 8).

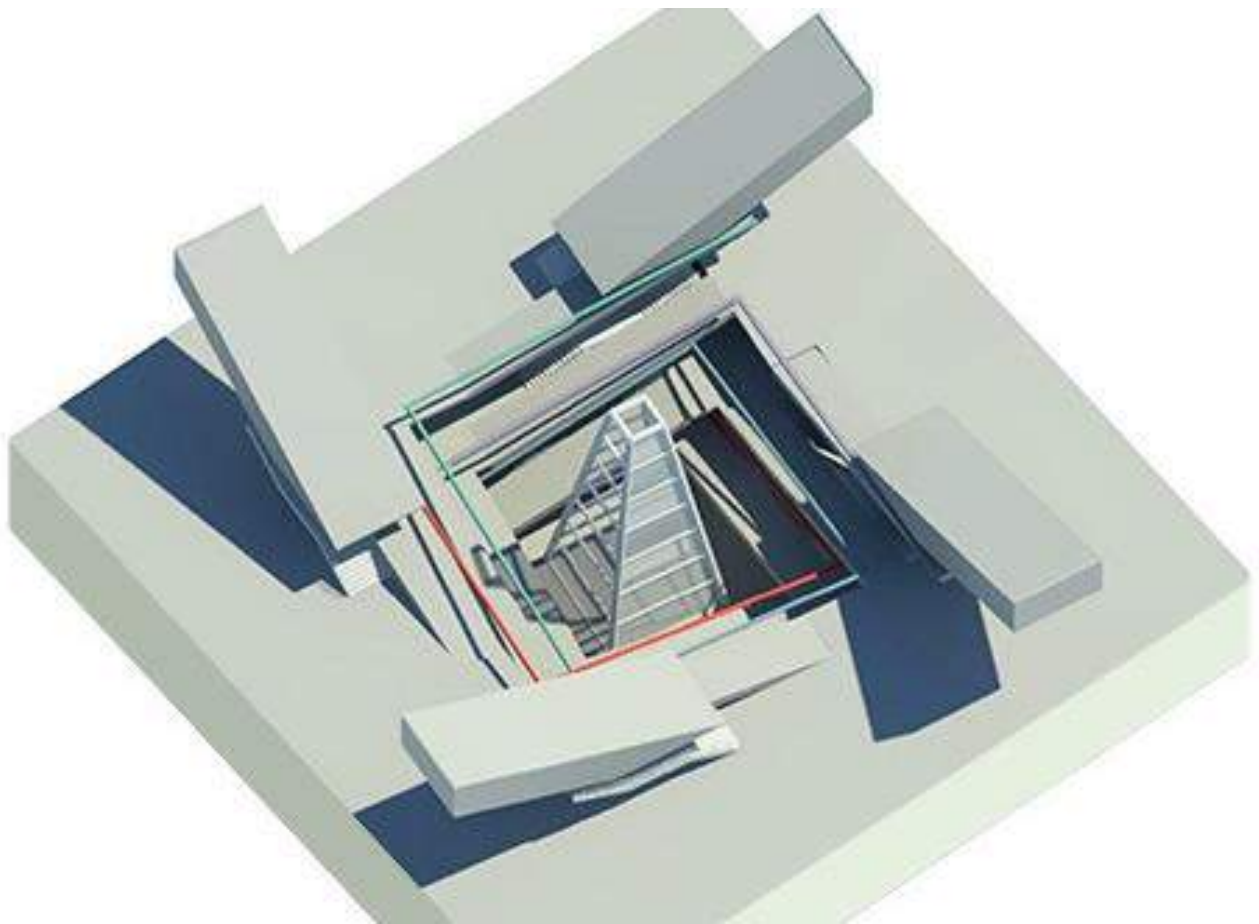


Рисунок 4 – Концепция формирования объемно-планировочного решения музея



Рисунок 5 – Схема смещения траволатора по всей высоте музея

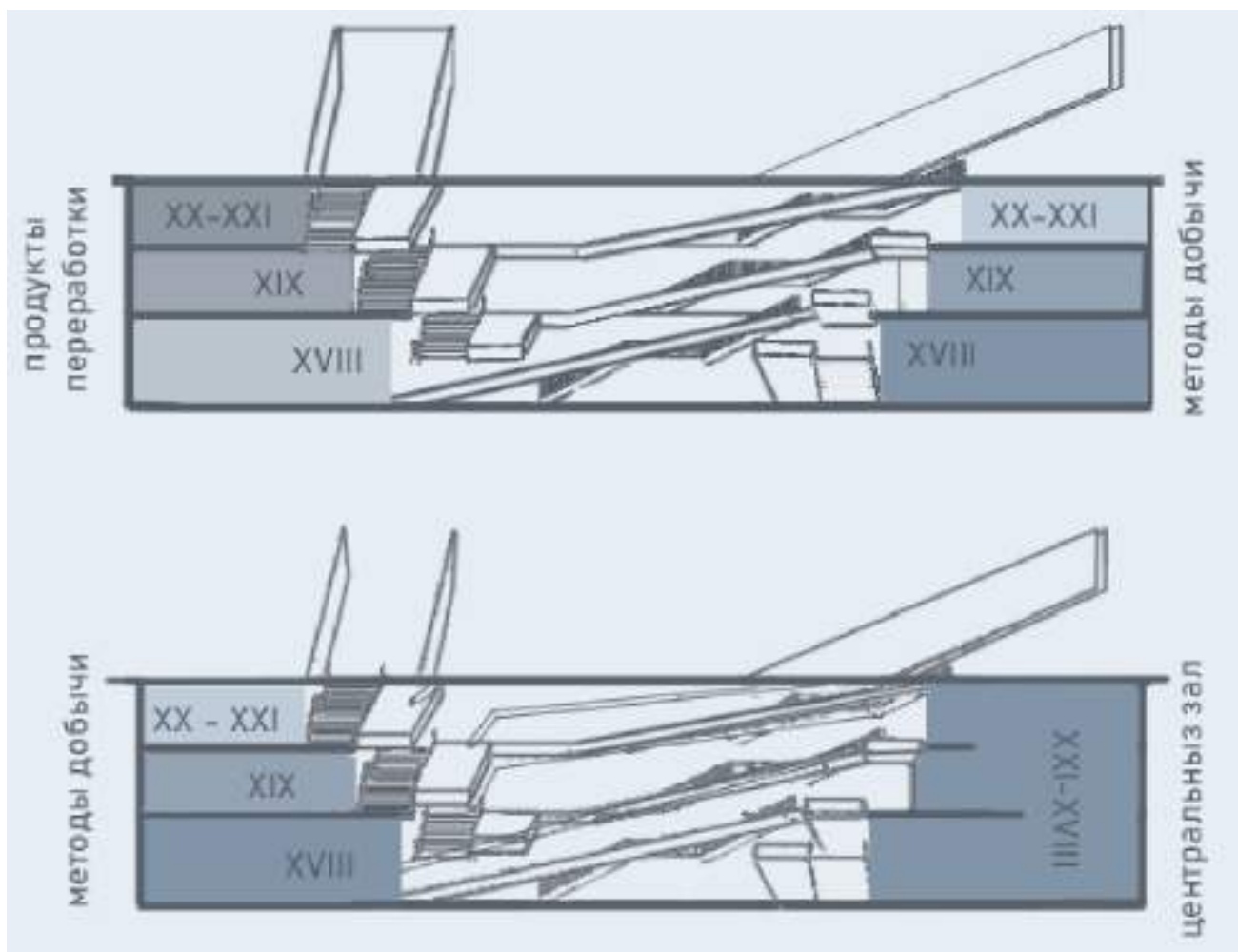


Рисунок 6 – Схема расположения музейных залов по уровням

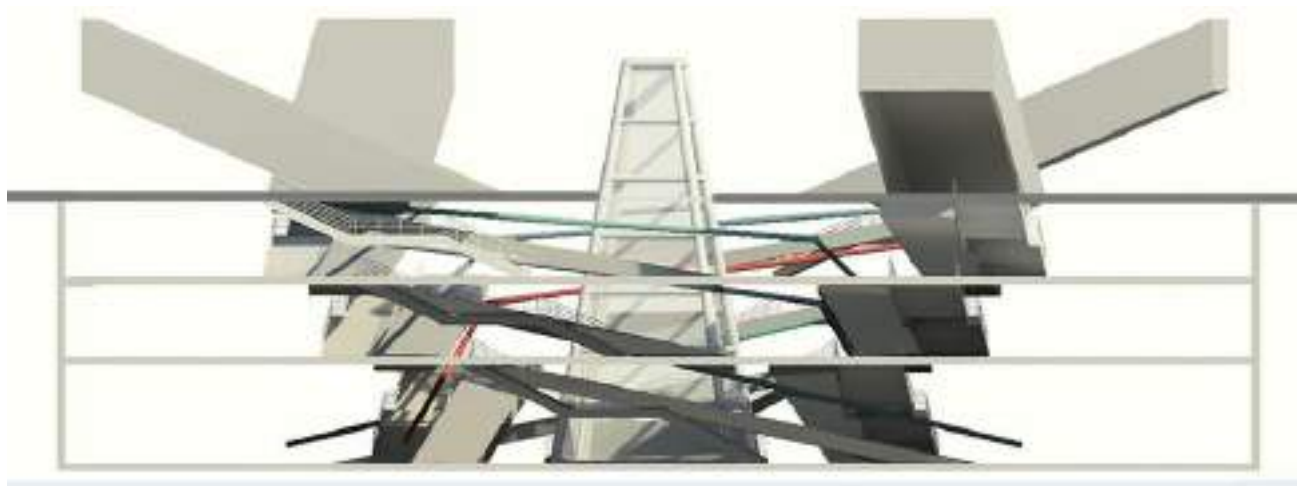


Рисунок 7 – Схема главных коммуникаций музея

В первом зале представлена история развития нефтепромысла, все периоды и этапы ее добычи. Второй зал повествует о методе добычи в виде уменьшенных копий первых эксплуатационных скважин, наглядно показывающие весь процесс добычи нефти, начиная с истории возникновения до современных методов добычи нефти. Третий зал представляет продукты переработки нефти актуальные для своего периода (асфальт, пластмасса, полиэтилен, дизель, бензин, мазут, керосин, парафин, сжиженный нефтяной газ, деготь и т.п.). Четвертый зал – объединяющее пространство, в котором будет представлено детально оборудование, непосредственно связанное с нефтяным делом.

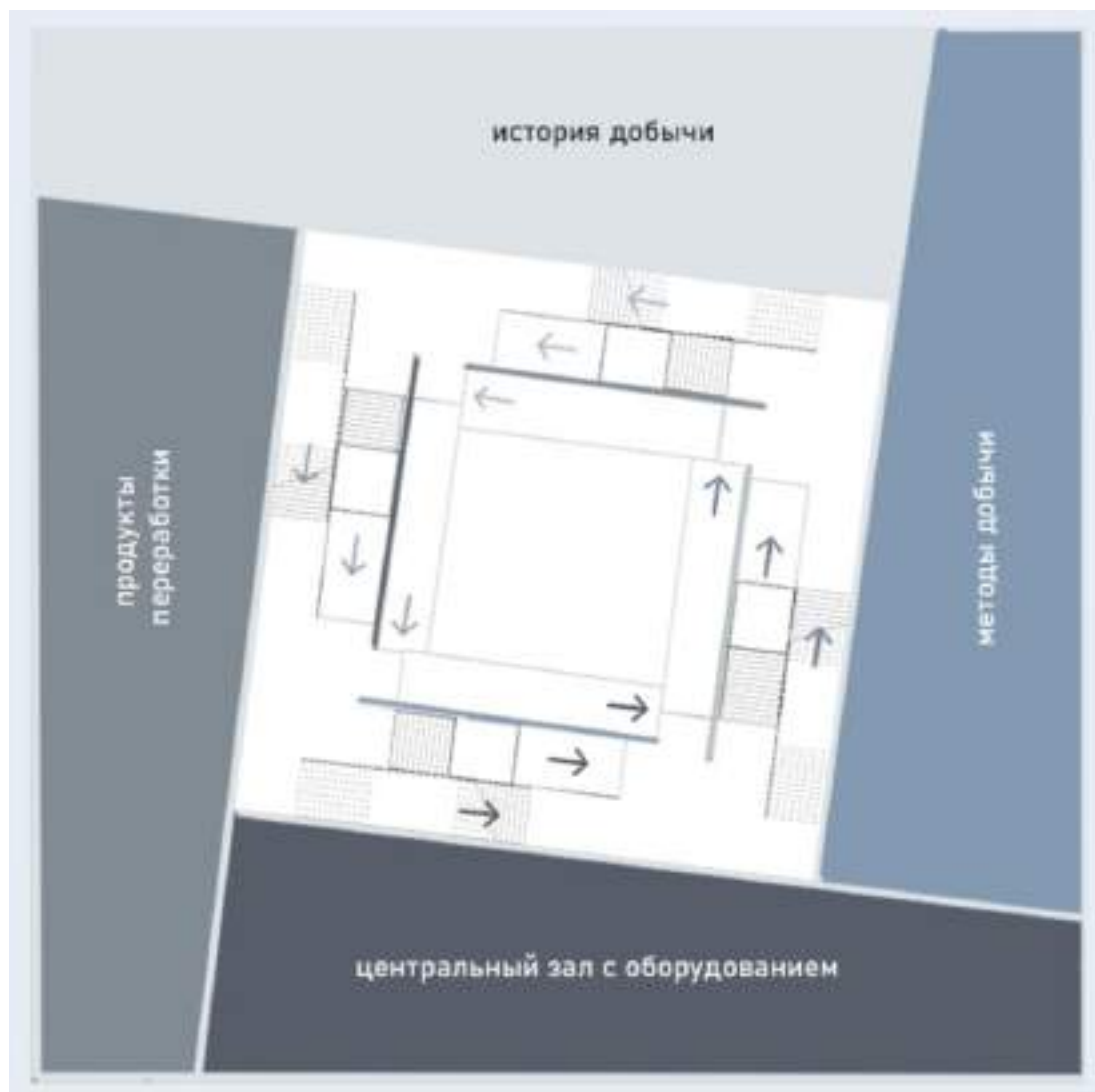


Рисунок 13 – Схема зонирования музея

Музей во всех залах нацелен на взаимодействие экспонатов с посетителем и его привлечением, с помощью современных технологий предлагается создать уменьшенные копии моделей машин и других элементов, которые смогут повторять все процессы добычи и переработки нефти наглядно, так, как эти процессы происходят на самом деле.

Как результат, музей «Первая нефть» станет достойным и единственным на сегодняшний день музеем по истории российской нефти, как для Республики Коми, так и для Российской Федерации.

Библиографический список:

1. Надеждин В.П. Колыбель российской нефти. Киров: КОГУП Кировская областная типография, 2005. 88 с.
2. Нефть и газ Коми края: сб. документов и материалов. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1989. 288 с.
3. Козулин А. Н., Ф. С. Прядунов – рудоискатель и нефтяник (историографический обзор) // Экспедиции и научное исследование Ухтинского района и Коми края: материалы 4-й городской науч.-практ. конф. Ухта, 17-18 апр. 2003 г. Киров: КОГУП Кировская областная типография, 2003. С. 13-18.
4. Пономарев Б. Б. Кудако – первый нефтяной промысел России // Нефтяное хозяйство. 2009. № 8. С. 122-125.
5. Матвейчук А. А. Первый нефтяной фонтан России // Нефть России. 2006. № 2. С. 106-111.

Изучение архитектуры города ухты на основе документов архивного отдела администрации МОГО «УХТА»

Сорокин К.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Приём и хранение документов, связанных с историей Ухты и Ухтинского района, осуществляет архивный отдел администрации МОГО «Ухта». Свою летопись архивная отрасль в городе ведёт с 1 августа 1939 г., когда в посёлке Ухта была учреждена должность архивариуса. 17 июня 1941 г. начал работу Ухтинский государственный районный архив, получивший 13 декабря 1957 г. статус городского. С 1 мая 1997 г. архив вошёл в состав администрации города. Таким образом, становится очевидным, что документальное сохранение истории города происходило параллельно самой истории Ухты [1].

К сожалению, не сохранилось записи о самом первом поступлении документов в архив. Наиболее ранние документы непосредственно по истории Ухты, хранящиеся в архиве, датируются серединой 1930-х гг. Уже в начале 1960-х гг. началась серьёзная организация архивного дела в городе и районе, которая значительно усовершенствовалась на протяжении следующих двадцати лет. В тяжёлые для экономики 1990-х годы архив принял большое количество документов ликвидированных предприятий города [1]. В итоге, к началу нового столетия в архиве хранились распорядительные, информационно-справочные, кадровые, научно-технические и фотодокументы, отражавшие события из жизни города с момента его создания, а также отдельные биографии, неразрывно связанные с Ухтой. В 2010-х годах ценным приобретением для архива стали три личных фонда, созданные на основе частных документных собраний городских краеведов.

Часть архивных фондов занимают документы строительных предприятий Ухты, которые в советское время занимались возведением жилого фонда города. Их анализ предоставляет богатый исследовательский материал. Изучение архитектуры Ухты продиктовано хотя бы громким статусом «Жемчужины Северы», который этот северный город получил, безусловно, неслучайно. В силуэте Ухты угадываются интересные, порой даже редкие, архитектурные и градостроительные решения. Можно смело сказать, что для всей Республики Коми архитектурное наследие Ухты имеет колоссальное значение.

Осенью 1929 года на берегу реки Ухты высадились экспедиция ОГПУ, чьей целью была подготовка окрестной местности для дальнейшего нефтяного промысла. У слияния рек Ухты и Чибью трудом заключённых был заложен посёлок. В первые годы застройка посёлка Чибью представляла собой массив одноэтажных бараков. Во второй половине 1930-х годов стали появляться первые общественные постройки: стадион «Динамо», дом политпросвещения, Дом Советов, театр имени Косолапкина. В 1937 году к столетию со дня смерти А.С. Пушкина в посёлке Чибью был открыт памятник поэту, выполненный репрессированным скульптором Н.А. Бруни (1891-1938).

14 июля 1939 года посёлок получил название Ухта. В послевоенные годы начал формироваться нынешний облик города. Были возведены кирпичные сооружения, ставшие впоследствии главными местными достопримечательностями. Невозможно представить Ухту без старого здания Лесного техникума, застройки улиц Мира, Кремса и Первомайской, ансамбля Октябрьской площади. Их проектированием занимались заключённые архитекторы: Н.П. Жижимонтов, П.К. Мурзин, Ю.В. Левин, А.М. Левитан, А.Ф. Орлов

С 1960-х годов в Ухте началась типовая застройка улиц и районов. Только в 2000-х годах стали появляться нетиповые здания. Как результат территория Ухты условно разбита на три наиболее крупных части: так называемые Старый город, центр и Новый город.

Проследить, как менялся город на протяжении нескольких десятилетий с момента основания и до сегодняшнего дня можно с использованием фотодокументов. Кроме «официальных» снимков зданий и построек, в архивном отделе хранятся и неожиданные снимки, которые передают дух времени. Например, при подготовке настоящей статьи был выявлен фотодокумент, на котором запечатлён момент сноса старых деревянных бараков и возведение нового кирпичного жилого фонда города [2]. Фотодокументы также дают возможность найти ныне снесённые здания из числа первых городских общественных построек. Таковым является, к примеру, здание ресторана Ухта на

Октябрьской площади. городские бани, запечатлённые в то время, когда их здание ещё функционировало, здание Проектно-испытательной конторы, ворота в Детский парк с «шишечками» наверху. Всё это неоценимые свидетельства трансформации облика города. Благодаря фотографиям угадываются объёмы зданий и сооружений, становятся видны элементы декора фасадов.

Помимо фотосвидетельств в архивном отделе хранится проектная документация, охватывающая все здания Ухты и Ухтинского района 1960-2000 годов. В рамках настоящей статьи изучить упомянутую документацию предлагается на примере проектов городской гостиницы [3]. Исходя из материалов архивного дела, становится известно, что первоначально под возведение гостиницы отводился совсем другой участок земли. Изначально рассматривалось пространство на Первомайской площади, затем пространство по улице Мира между Железнодорожным техникумом и домом Косолапкина. В итоге, ввиду нехватки места, был выбран новый, ещё не застроенный район города: проспект Ильича, будущий проспект Ленина. В указанное дело подшита проектная документация: чертежи, планы будущей гостиницы.

Сданная полвека назад проектная документация может быть необходима уже в наши дни. На начало 2022 г. в Ухте выявлено более 30 архитектурных объектов культурного наследия регионального значения [5]. Все они включены в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Реконструкция и реставрация объектов культурного наследия строго регламентируется. Первостепенную роль здесь играет Конституция Российской Федерации, где в статье 44 чётко прописано, что защита исторического и культурного наследия является всеобщей обязанностью. Более детально этому уделено внимание в Федеральном законе от 25.06.2002 N 73-ФЗ (ред. от 21.12.2021) "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации". Из него следует, что архивные документы могут понадобиться при составлении паспорта объекта культурного наследия. Закон также определяет порядок проведения работ по сохранению объектов культурного наследия, а также охранное обязательство законного владельца объекта культурного наследия, включенного в реестр. На региональном уровне – это Постановление правительства Республики Коми от 8 декабря 2015 года N 499 «Об Управлении Республики Коми по охране объектов культурного наследия». Детально вопросы реконструкции и реставрации освещает Градостроительный кодекс Российской Федерации. К примеру, статья 47 так и называется: Инженерные изыскания для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства. Помимо нормативного регулирования на работу архитекторов и реставраторов оказывает влияние и нормативно-методическое регулирование. ГОСТ Р 55935-2013 «Состав и порядок разработки научно-проектной документации на выполнение работ».

Определяя состав фондов, которые могут содержать информацию об архитектуре Ухты, следует обратить внимание на фонды организаций, напрямую принимавших участие в градостроительстве. К примеру, это фонд Управления архитектуры. В тоже время искомые документы могут храниться в фондах, чьё название ни прямо, ни косвенно не указывает на связь с архитектурой и градостроительством. В качестве примера следует назвать фонд личного происхождения краеведа А.Н. Козулина. Среди документов, отложившихся в фонде, есть описи памятных мест, значимых сооружений, мемориалов и памятников Ухты [4], акты проверки состояния исторически ценных объектов 1960-2000 гг.

В ходе первичного обследования фондов архивного отдела администрации МОГО «Ухта» в качестве основы для будущего путеводителя были отобраны следующие фонды:

Подводя итог, можно определить две группы лиц, заинтересованных в работе с архивными документами, связанными с архитектурой. Первая группа лиц – те, кто занят в историко-культурологических изысканиях. Это историки, культурологи, журналисты, писатели, а также все, кому интересна архитектура Ухты. Вторая группа лиц – те, кто занят в проектно-изыскательной деятельности. Это архитекторы, инженеры, проектировщики. Вместе с тем из изложенного выше материала явствует, что исследование архитектуры Ухты носит сложный, неоднородный, комплексный характер. Предметом исследования в данном случае выступают не только проекты и чертежи городских зданий, но и документы, освещающие историю города, биографии его строителей. Для быстрого и упрощённого поиска упомянутой информации был бы крайне удобен архивный справочник. Таковым может быть тематический путеводитель по фондам, в которых

выявлена информация по архитектуре и градостроительству Ухты. Однако, принимая во внимание, что указанные материалы разбиты между несколькими архивами, проектируемому путеводителю следует присвоить межархивный характер. Иными словами, путеводитель будет рассматривать не только фонды архивного отдела администрации МОГО «Ухта», но и других организаций: краеведческого музея Ухты, национального архива Республики Коми.

№ п/п	№ Фонда	Название фонда
1	2	3
ДОКУМЕНТЫ ПОСТОЯННОГО ХРАНЕНИЯ		
1.	14	Администрация муниципального образования городского округа "Ухта" (Администрация МОГО «Ухта»)
2.	28	Муниципальное учреждение «Управление культуры» администрации муниципального образования городского округа «Ухта» (МУ «Управление культуры» администрации МОГО «Ухта»)
3.	38	Отдел по строительству в колхозах исполкома Совета депутатов трудящихся Ухтинского района
4.	44	Государственное учреждение «Управление архитектуры и градостроительства по г. Ухте» (Управление архитектуры)
5.	49	Архивный отдел администрации муниципального образования городского округа (Архивный отдел администрации МОГО «Ухта»)
6.	70	Муниципальное унитарное предприятие «Горжилфонд» (МУП «Горжилфонд»)
7.	71	Муниципальное учреждение Управление капитального строительства (МУ УКС)
8.	79	Комитет по управлению муниципальным имуществом администрации муниципального образования городского округа «Ухта» (КУМИ МОГО «Ухта»)
9.	82	Коллекция фотодокументов по истории города Ухты
10.	87	Козулин Анатолий Николаевич (1930-2006) - журналист, краевед, Заслуженный работник культуры Коми АССР
11.	109	Коллекция фотодокументов и документов личного происхождения фотографов г. Ухты
12.	124	Добровольная общественная организация клуб «Краевед» города Ухты
13.	131	Муниципальное учреждение «Управление архитектуры, градостроительства, землепользования и охраны окружающей среды» (МУ «УАГЗиООС»)
ДОКУМЕНТЫ ПО ЛИЧНОМУ СОСТАВУ		
1.	346	Муниципальное учреждение «Управление архитектуры и градостроительства по г. Ухте» (МУ «Управление архитектуры»)
2.	347	Муниципальное учреждение «Управление архитектуры, градостроительства, землепользования и охраны окружающей среды» администрации МОГО «Ухта» (МУ «УАГЗ и ООС»)

Библиографический список:

1. Архивный отдел администрации МОГО «Ухта». Ф. 49, оп. 1,
2. Архивный отдел администрации МОГО «Ухта». Ф. 82, оп. 14, д. 263,
3. Архивный отдел администрации МОГО «Ухта». Ф. 44, оп. 3, д. 2,
4. Архивный отдел администрации МОГО «Ухта». Ф. 87, оп. 1, д. 185,
5. Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации [Электронный ресурс] // <https://opendata.mkrf.ru> режим доступа: [<https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn/>] (дата обращения: 07.03.2022).

«Безымянный» участок в городе: архитектурные сценарии развития места

Габов В.Ю., Коптяев Д.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Проблема современного использования и развития «безымянных» участков города актуальна, поскольку такие объекты в структуре города должны приносить пользу «частную и общественную», играть свою роль в его жизни и выполнять соответствующие функции. Под «безымянными» понимаются участки территории города, которые, в силу ряда причин, стали «бесхозными», «пустующими», «заброшенными», «неэксплуатируемыми» и «ничейными». Такие объекты являются экономически и функционально неэффективными, а также опасными с точки зрения эстетики и психологии восприятия.

Целью проектно-исследовательской работы является разработка прогнозов и программ развития «безымянных» участков в городе. Именно прогноз развития и методика прогнозирования позволят выявить возможности развития участков, давая оценку их проектным состояниям. Прогнозирование актуально, поскольку, современные условия развития Ухты и отношение городским объектам во многом обусловлены рыночными, коммерческими, эксплуатационно-хозяйственными и административно-управленческими интересами, для которых крайне важно знать перспективы развития того или иного объекта с целью выбора и принятия обоснованного решения.

Разработка прогноза развития «безымянных» участков затрагивает проблему реконструкции города, жилых территорий и застройки. Повторное «обживание» некогда освоенных территорий требует прогнозирования и вариативного проектирования их возможных состояний, а планирование результатов реконструкции является в настоящее время важным инструментом развития городов.

В городе Ухта выявлены нефункционирующие участки территории (рис. 1), на которых располагаются также нефункционирующие объекты (в прошлом различного назначения).

Для дальнейшего исследования рассмотрен один участок (см. рис. 1), который расположен поблизости от главной артерии города – проспекта Ленина. Изначально территория участка и объект были адресованы детству, здесь был детский сад (рис. 2).

При изучении участка и здания были подсчитаны технико-экономические показатели, так же выявлены габариты здания и номер типового проекта (рис. 3).

Далее были проанализированы пешеходные и транспортные коммуникации, функциональный контекст, кадастровая карта ПЗЗ, озеленение (рис. 4).

Анализ современного состояния контекста участка позволил выявить возможности его функционального развития. В непосредственной близости располагаются такие объекты как дворец культуры (объект культуры города), роддом и женская консультация (объекты женского здоровья и архитектуры), проспект Ленина (линейный городской центр), жилая застройка (сложившаяся жилая среда). Принятие во внимание данных объектов позволило разработать функциональные программы развития участка (сценарии функционального развития). Такой подход ориентирован на учет интересов участников развития и преемственной развитие места, что важно в условиях реконструкции городской ткани.

Четыре варианта функциональных программ развития места позволили обозначить следующие векторы развития участка (рис. 5): развитие среды детства – центр детской культуры и творчества; развитие женской архитектуры – центр женского здоровья и родовспоможения; развитие жилой среды – социально ориентированное адресное жилье; развитие среды городского центра – общественное пространство города.

Представляется возможным использование обозначенных функциональных сценариев на предпроектной стадии для оценки и выбора наиболее уместного вектора развития участка с учетом интересов и возможностей всех заинтересованных участников проекта (жители, инвесторы, застройщик, администрация). Сценарии представлены в виде «монофункциональных» программ, что не исключает, а в настоящее время требует, разумную долю смешивания и интеграции заявленных функций.



Рисунок 1 – Схема расположения «безымянных» участков в г. Ухта



Рисунок 2 – Современное состояние бывшего детского сада

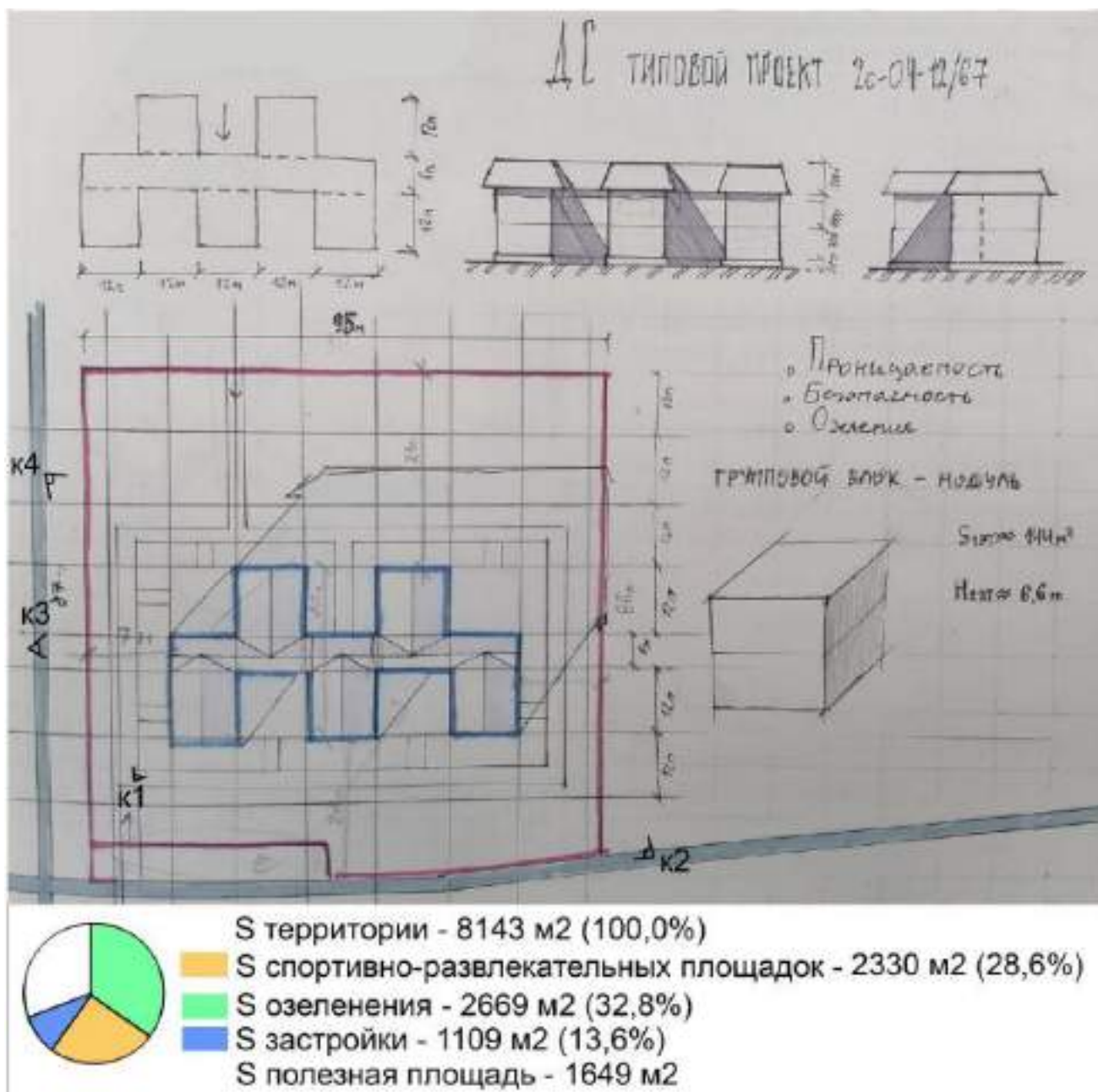


Рисунок 3 – Схема застраиваемого участка

Если функциональные программы развития места позволяют прогнозировать его возможное качественное состояние, то варианты объемно-пространственного и планировочного развития фиксируют количественную основу для возникновения некоего качества.

Объемно-планировочные сценарии развития участка и объекта были предложены исходя из возможностей территории участка и ограничений окружающей застройки. В ходе исследования разработано 24 варианта объемно-планировочных решений (рис. 6). Варианты предполагают решения как архитектурного, так и ландшафтного характера. По подсчитанным для каждого варианта технико-экономическим показателям были составлены 4 графика, которые отражают «динамику развития» количественных показателей, обусловленных вариантом объемно-пространственного и планировочного решения (рис. 7). Такой способ представления информации о развитии участка позволит давать обоснованную оценку развития участка в сопоставлении возможных количеств и качеств.



- Жилое назначение
- Общественное назначение
- Спортивное назначение
- Искусственный ландшафт
- Образовательное назначение
- Культурно-просветительское назначение
- Садоразделительное назначение
- Проектируемая территория

а)



- Транспортные коммуникации
- Зоны возможного движения пешеходов
- Ключевые пешеходные коммуникации

б)



- Озеленение

в)



- Проектируемая территория
- ЖЗ 301

г)

а) схема функционального контекста; б) схема коммуникаций; в) схема озеленения; г) схема территориальных зон (ПЗЗ)

Рисунок 4 – Анализ современного состояния контекста участка.

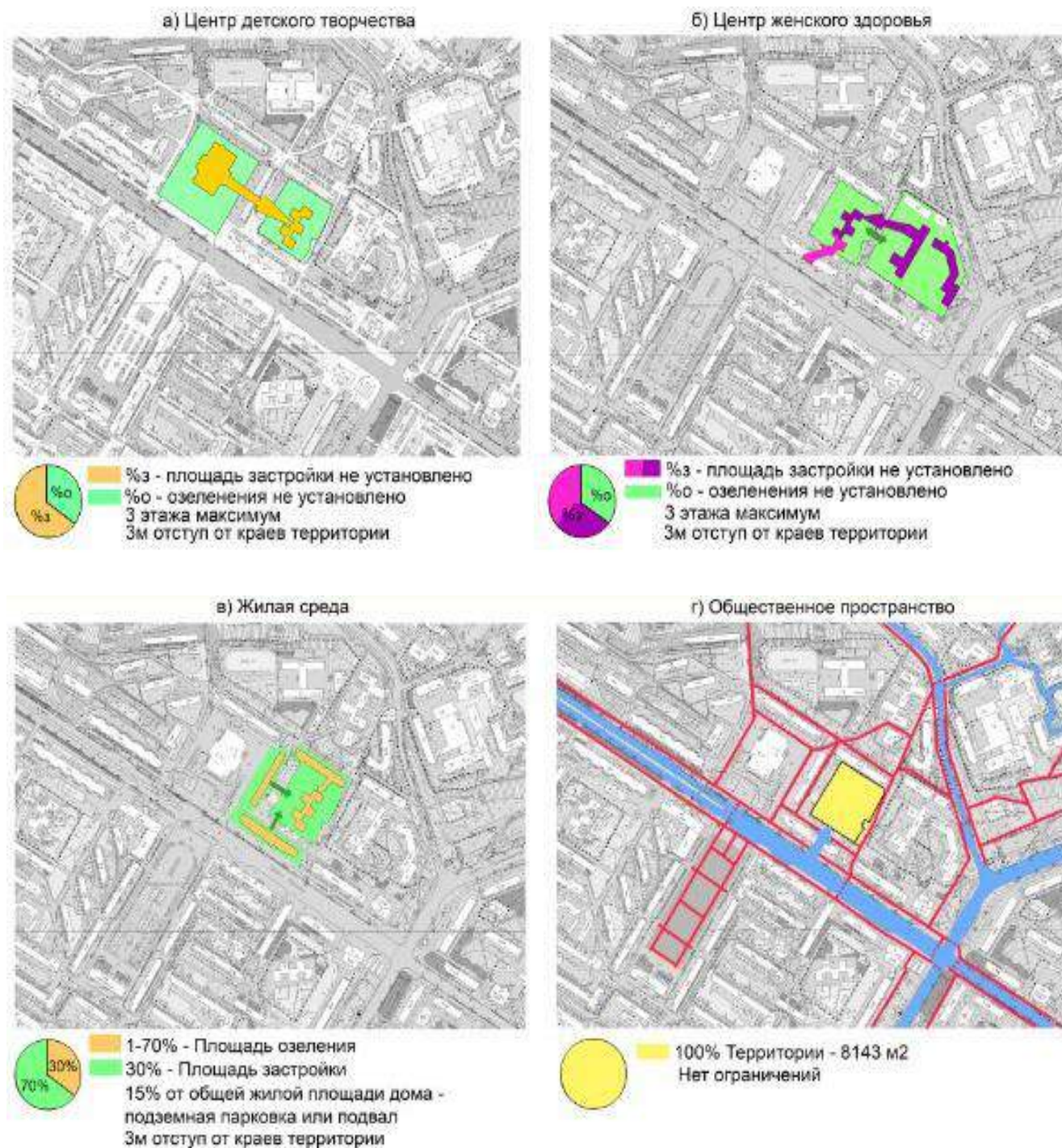


Рисунок 5 – Схемы функциональных сценариев развития участка

Итогом исследований стало графическое представление архитектурных сценариев развития места, которое позволит более точно, быстро и эффективно спрогнозировать и определить судьбу «безмянного» участка в городе с учетом интересов всех участников процесса развития. Данный подход планирования развития применим к любому «безмянному» участку города.

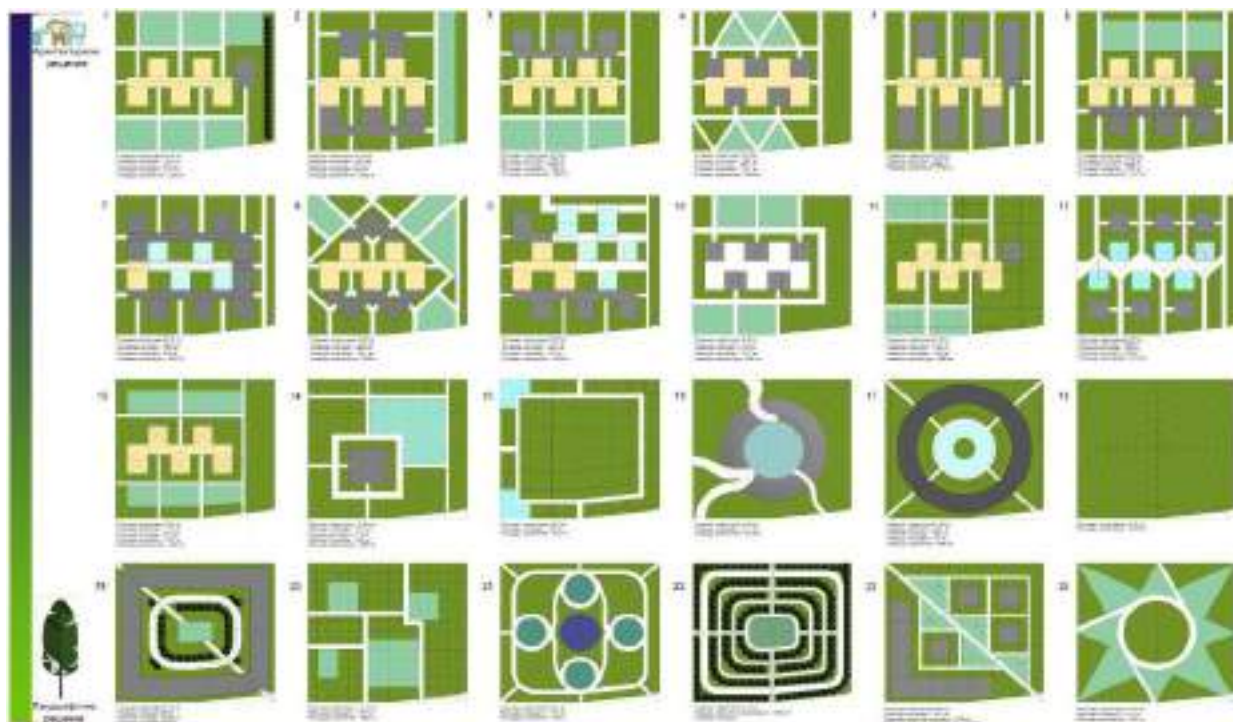


Рисунок 6 – Схемы объемно-планировочных сценариев

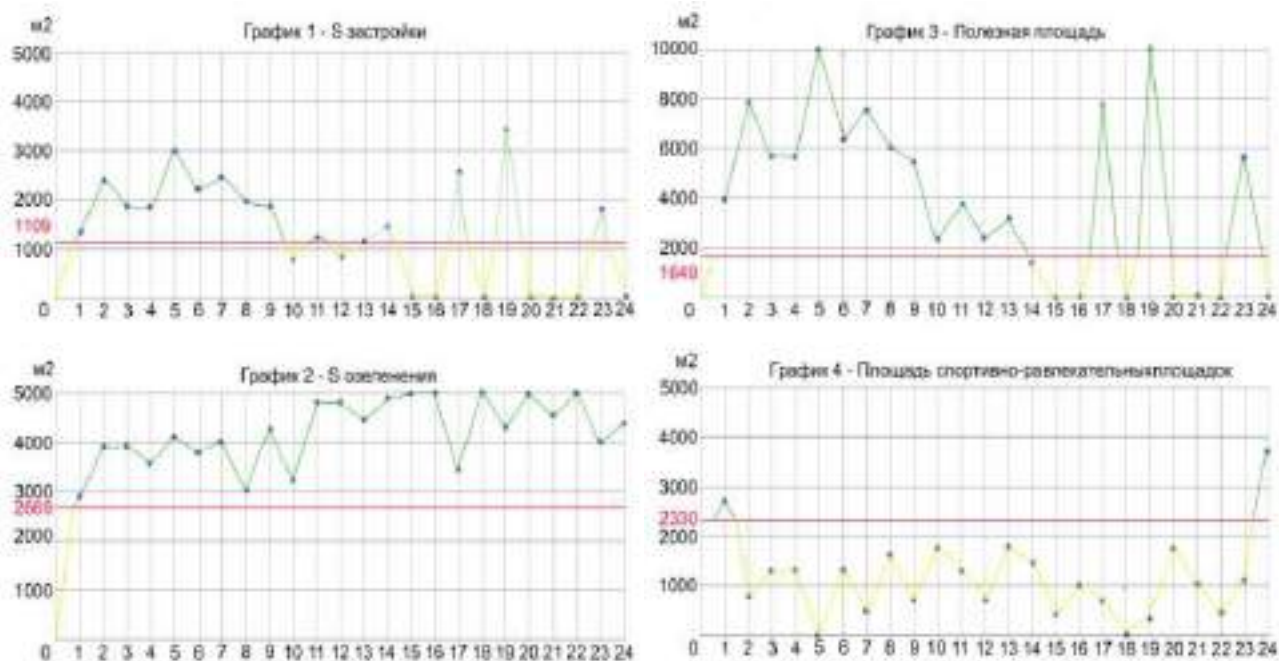


Рисунок 7 – Графики технико-экономических показателей

Библиографический список:

1. Надеждин В.П. Колыбель российской нефти. Киров: КОГУП Кировская областная типография, 2005. 88 с.
2. Нефть и газ Коми края: сб. документов и материалов. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1989. 288 с

Заполнение «пустот» Старого города: проблема и пути решения

Фёдорова В.А., Коптяев Д.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящей статье рассматривается проблема современного использования и развития сложившейся архитектурно-исторической среды Ухты – среды Старого города. В качестве исследовательской проблемы заявлена проблема заполнения «пустот» – пустых пространств, возникших в результате сноса ветхой деревянной жилой застройки, располагавшейся в различных частях Старого города. Актуальность нового заполнения возникших «пустот» очевидна в условиях неясности ориентиров и приоритетов в развитии среды и отдельных участков Старого города. Какова роль возникших «пустот» в сохранении и развитии среды Старого города? Может ли наполнение «пустоты» быть инородным среде Старого города? Чем должны быть заполнены «пустоты»: знаками, памятью, содержанием, формой или коммерчески эффективным объектом?

Еще в 2017 году в Старом городе Ухты существовала полноценная застройка. В настоящее время снесенные (утерянные) дома составляют 13 % от всей застройки района (рис. 1).

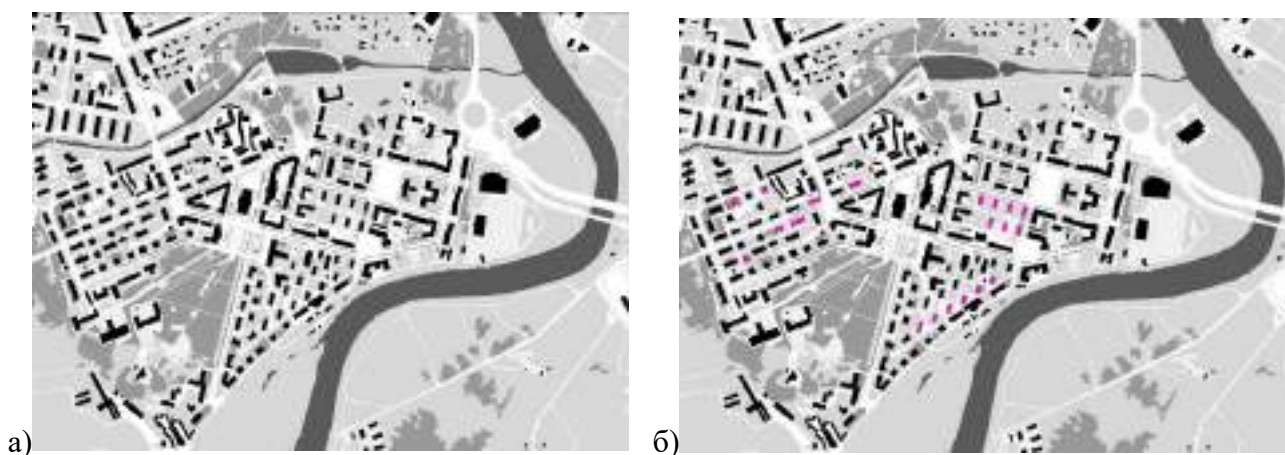


Рисунок 1 - Схема застройки в 2017 г. (а) и в 2022 г. (б)

Следует отметить, что «исчезновение» деревянной застройки произошло по улицам Первомайская, Кремса, Губкина, Семяшкина (рис. 2а). Анализ объектов культурного наследия Старого города показал (рис. 2б), что снесенные дома не являются охраняемыми памятниками, что обосновывает причину их сноса и позволяет предположить возможность появления новых «пустот» на месте существующей деревянной застройки с аналогичным статусом и техническим состоянием.

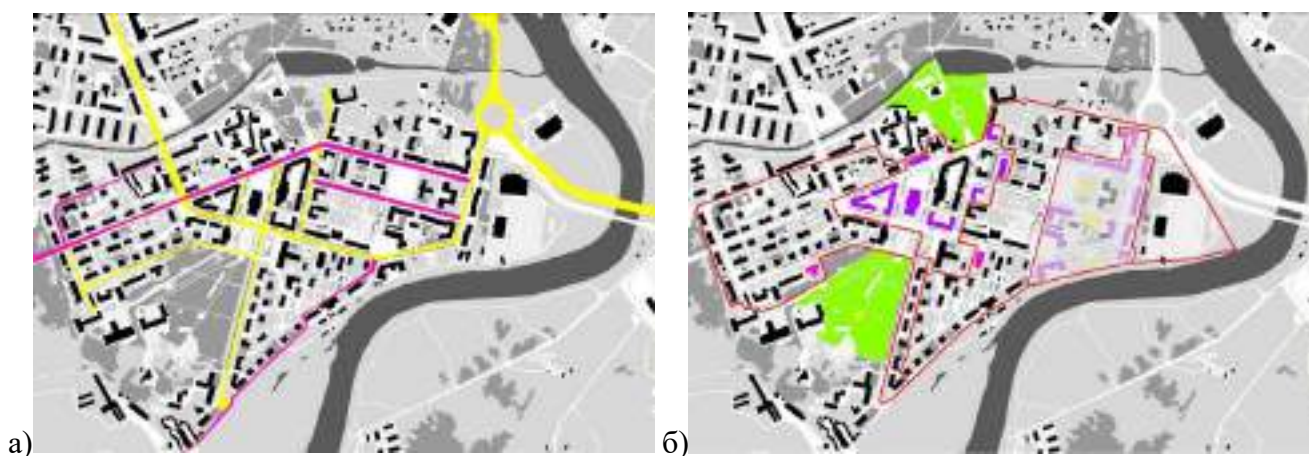
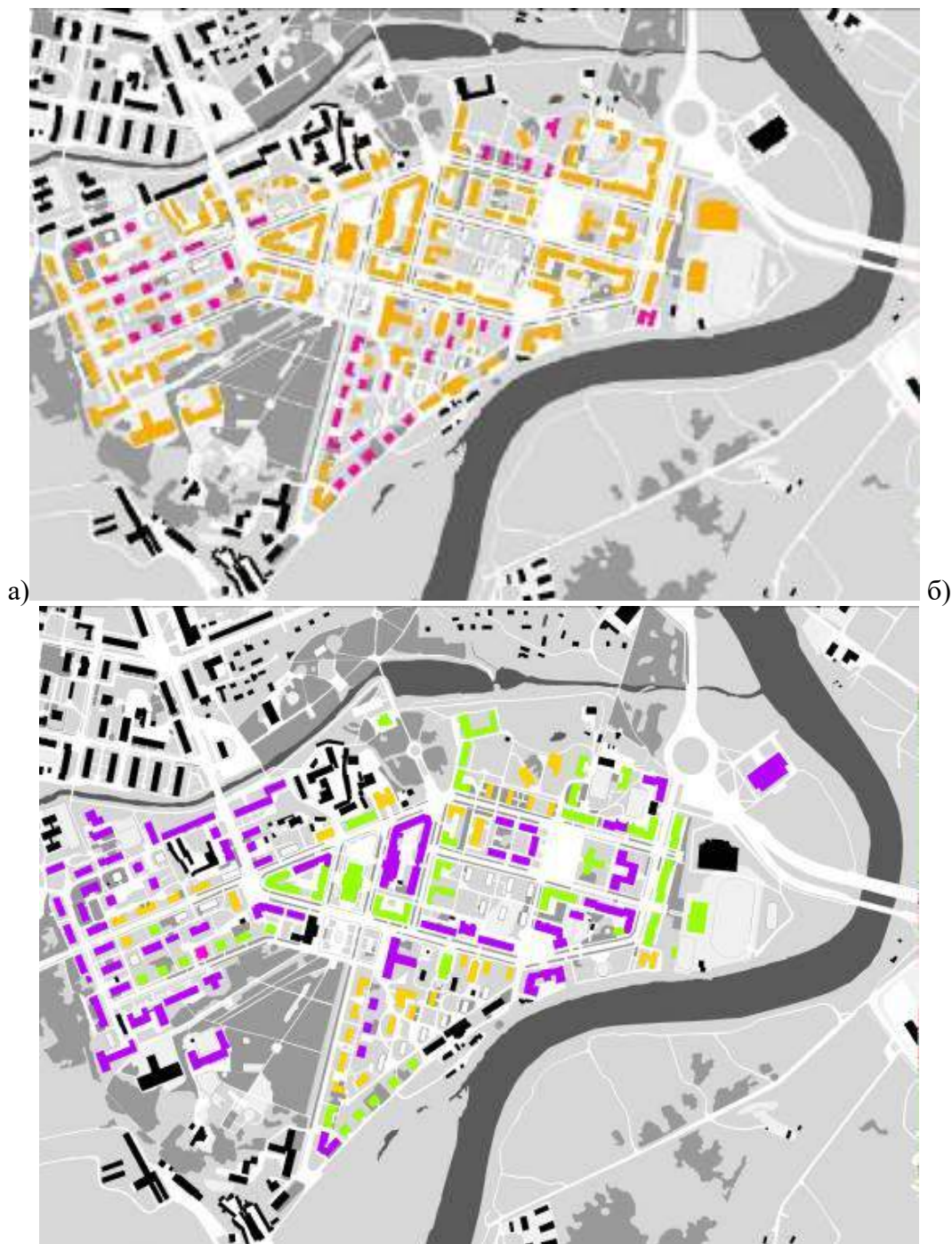


Рисунок 2 – Места расположения деревянной застройки в Старом городе: в структуре улиц (а); в структуре объектов культурного наследия (б)

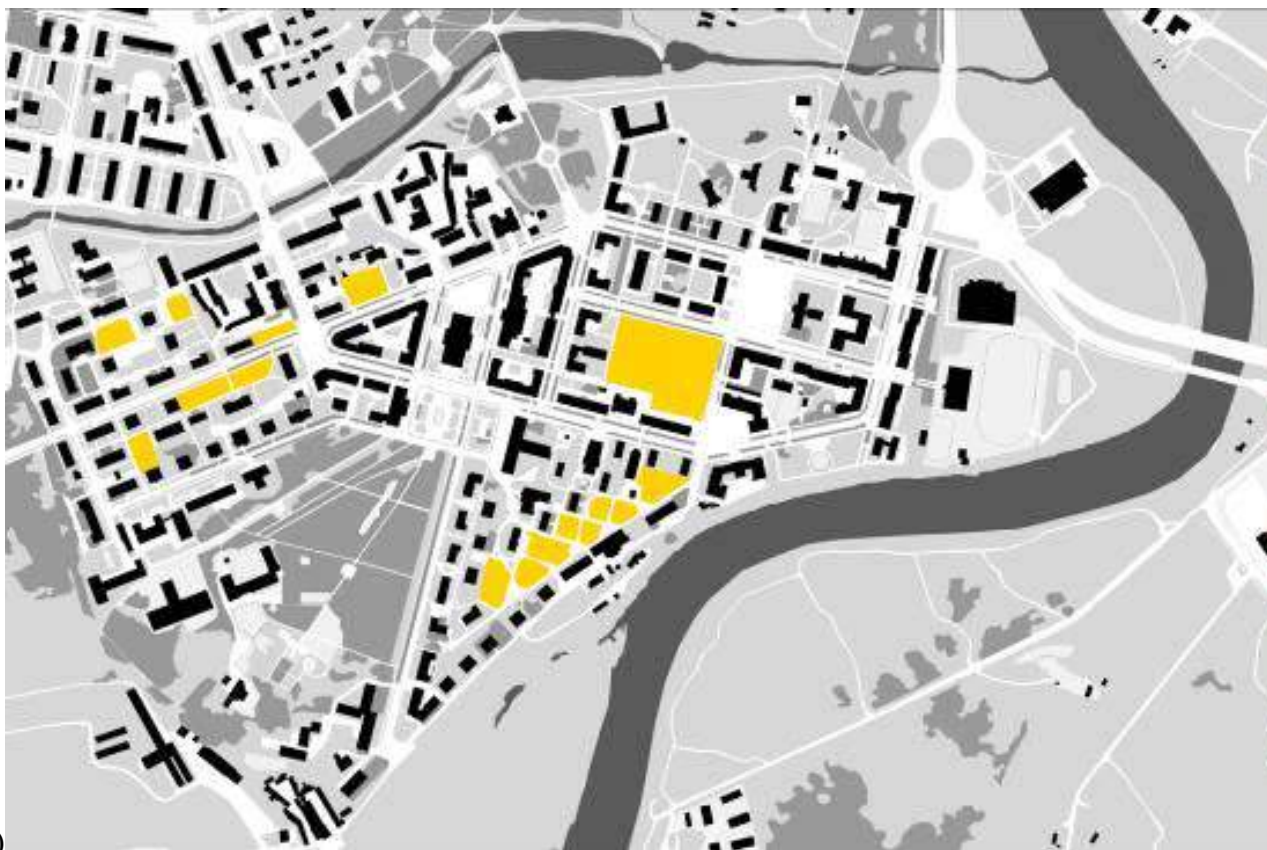
Исследованием установлено, что 26,9 % от всей застройки Старого города представляют деревянные дома, что позволяет говорить о потенциальных (еще не возникших) «пустотах» (рис. 3а). «Возраст» домов подтверждает возможность их сноса (рис. 3б). Согласно ГОСТ 277751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» срок эксплуатации деревянных домов 30-50 лет [1]. Таким образом, все деревянные дома, построенные в периоды 1930-1945 гг. и 1945-1955 гг. (обозначенные желтым и зеленым цветом соответственно) должны реконструироваться в 2020-30-е годы, либо сноситься, если они не кирпичные.

Анализ «пустот» позволил установить их долю в структуре территорий Старого города и определить степень их связности со структурой существующих открытых общественных пространств (рис. 4). Также вследствие анализа застройки и годов ее постройки были выявленные потенциальные «пустоты», которые в будущем, возможно, дополнят уже существующие (рис. 5).

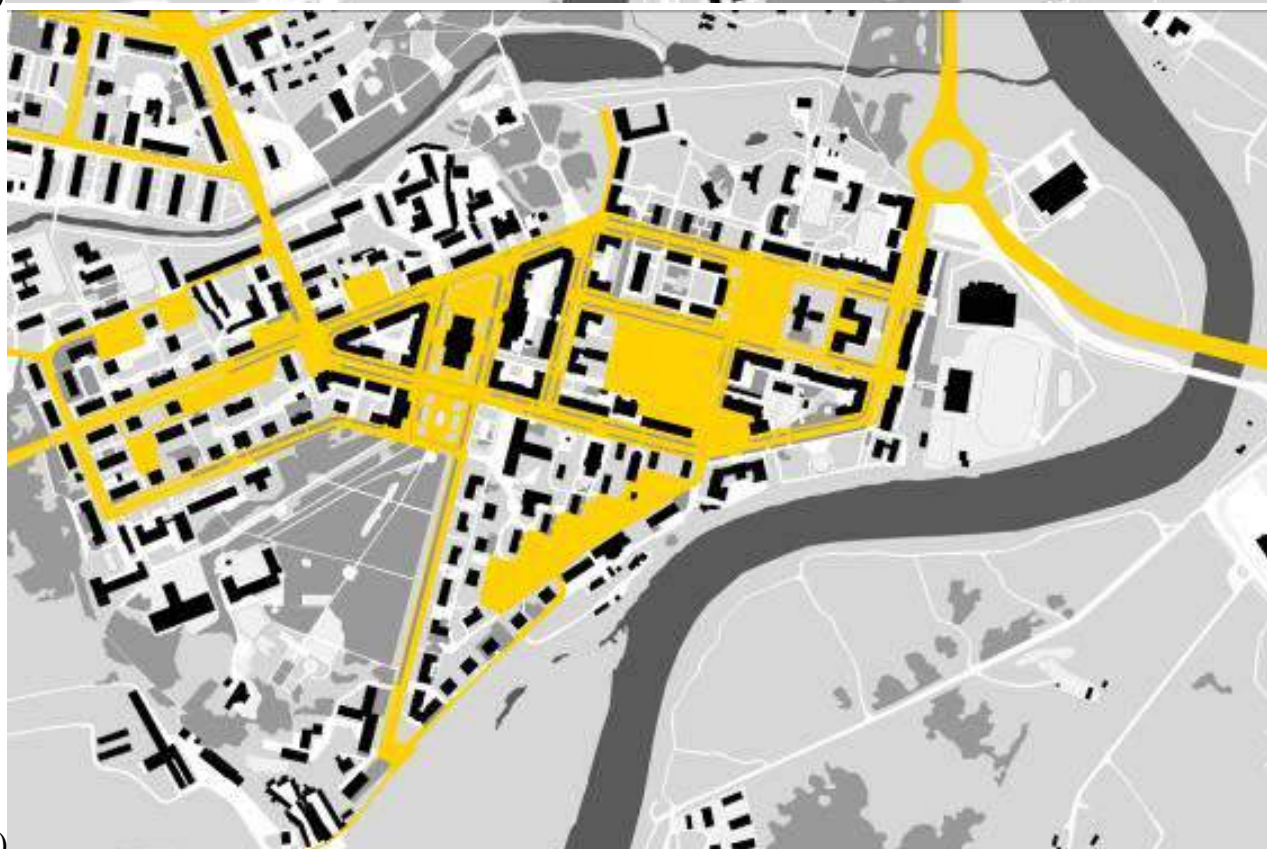


а) подлежащая сносу; б) время строительства жилых домов

Рисунок 3 – Деревянная застройка Старого города.

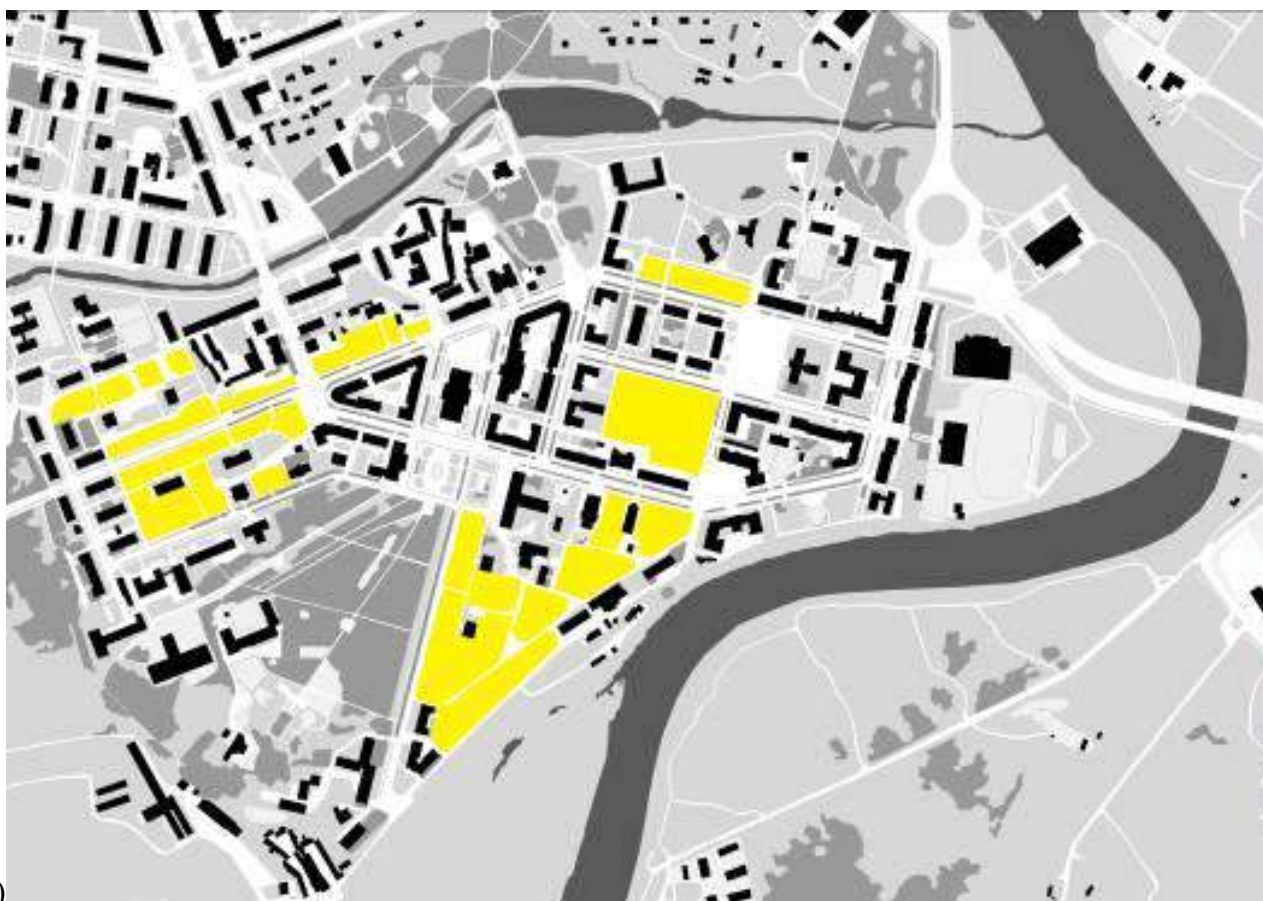


a)

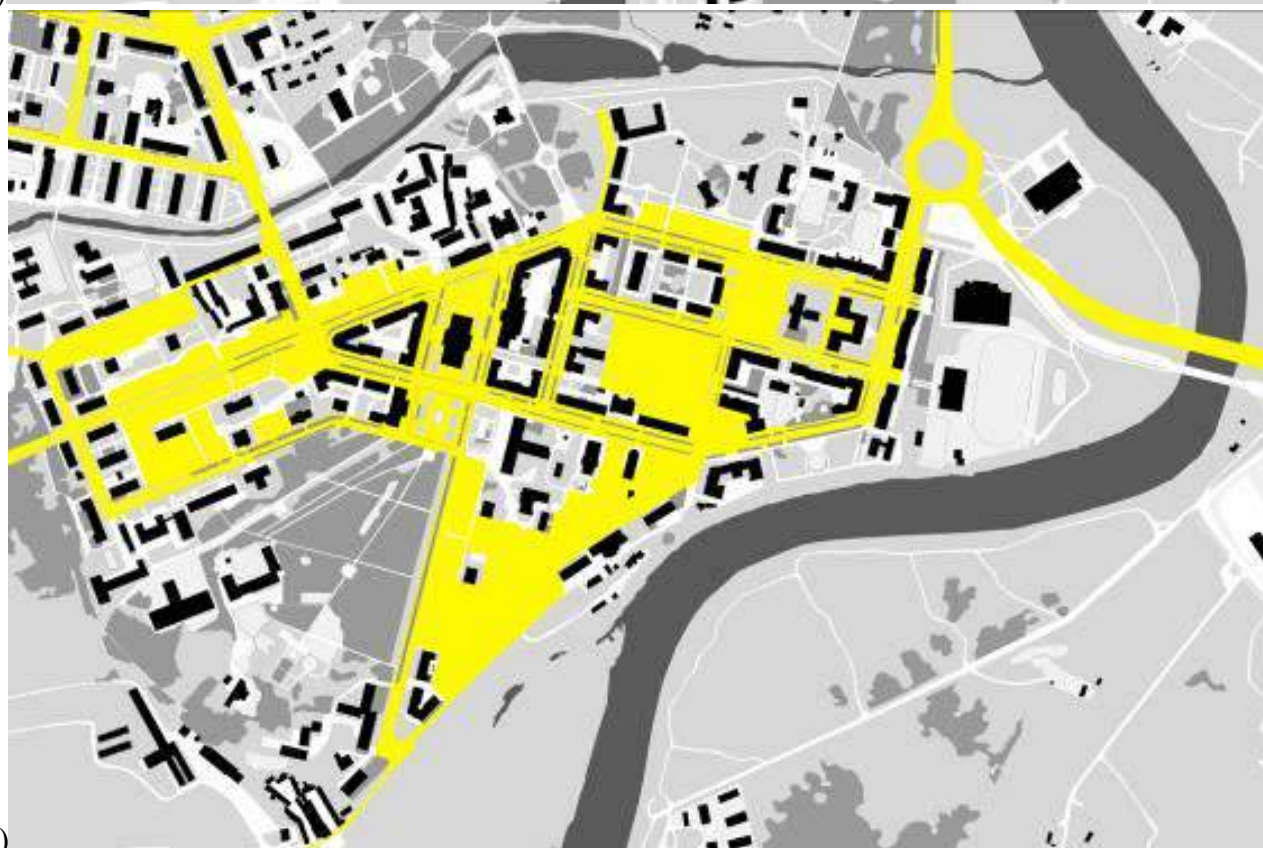


б)

Рисунок 4 – Схема расположения «пустот» в структуре Старого города (а) и в структуре открытых общественных пространств (б)



а)



б)

а) существующие и потенциальные «пустоты»; б) «пустоты» в структуре открытых общественных пространств

Рисунок 5 – Схема «развития пустот» Старого города.

«Пустоты» представлены различными по площади, конфигурации и состоянию участками (рис. 6-9).



Рисунок 6 – Территория по ул. Семьяшкина



Рисунок 7 – Территория по ул. Первомайская

Необходимость ответить на вопрос заполнения «пустот»: чем и как, потребовала обобщения отечественного и зарубежного опыта реконструкции и развития исторической застройки, создания памятных мест и мемориалов, реновации пустующих объектов и т.п. Анализ концепций, подходов позволил установить три принципиально различных вектора развития мест, обладающих историко-культурным потенциалом:

- 1) воссоздание исторической застройки;
- 2) современная архитектура в историческом контексте;
- 3) «рекультивация» территории.

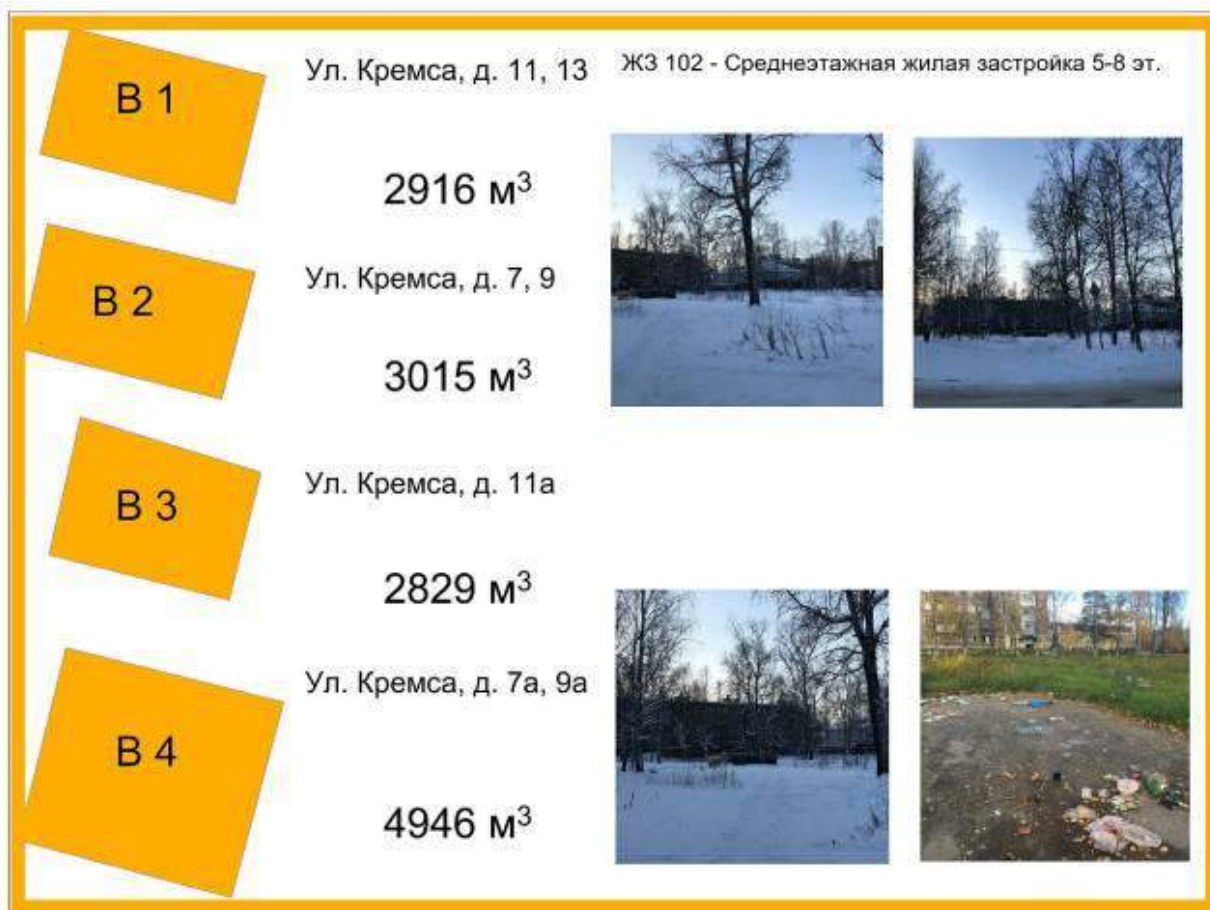


Рисунок 8 – Территория по ул. Кремса



Рисунок 9 – Территория по ул. Губкина

Первое направление может быть проиллюстрировано на примере модернизации завода «Севкабель Порт» в Санкт-Петербурге, расположенного на Васильевском острове. Еще совсем недавно закрытая промышленная территория – сегодня это одно из самых приветливых и гостеприимных пространств острова, а главное – это отмечают почти все – одно из очень немногих мест в Санкт-Петербурге, где можно погулять, наслаждаясь видом моря. Главная особенность проекта, в том, что это не привычный "арт-кластер на руинах завода", как это чаще всего бывает, а результат модернизации завода. И это тот вариант, когда выигрывают все: завод использует ненужные для него территории и в перспективе зарабатывает на них, горожане получают новую необычную площадку с выходом к морю. В сентябре 2018 территория официально открылась для свободного посещения: у воды здесь появилась оформленная "хвоей" деревянная набережная с газоном, вертикальными и горизонтальными скамейками (вертикальные скамейки – ироничный "привет" петербургской традиции загорать, стоя у Петропавловской крепости, к ним нужно прислоняться, подставляя лицо солнцу), длинным парапетом, который называют "самой длинной барной стойкой", и видом на Финский залив (рис. 10) [3].



Рисунок 10 – Фрагменты среды «Севкабель Порт»

Таким образом, когда-то старая и «исчезающая» застройка превратилась в современное оживленное место, которое пользуется популярностью и спросом жителей Санкт-Петербурга.

Следующая концепция – современная архитектура в историческом контексте. Данный прием используется для выделения особенностей исторической застройки на фоне чего-то абсолютно нового и современного. Современное здание создается с нуля и грамотно вписывается в историческую местность, поддерживая с ней диалог. Такой концепцией стал проект нового крыла музея Достоевского в Санкт-Петербурге. Новое крыло фонд планирует строить рядом с музеем: слева от него в 1971 разобрали дом – такой же доходный, очень похожий на дом-музей Достоевского, – на этом месте и задумано новое крыло в габаритах, близких по размерам к снесенному дому, то есть практически в режиме регенерации. Новое крыло сольется со старым зданием, но в то же время будет отделено от него атриумом, внутри похожим на небольшой переулок-тупик с панорамным лифтом в торце и стеклянным витражом со стороны улицы. «Атриум – образ двора-колодца как изнанки человеческой жизни, где и происходит действие большинства романов. Между зданиями переброшены мостики – символ перехода, «телепорта» между старым и новым или даже знакового зеркала между домом-музеем и его современным «отражением». «Подлинная мемориальная часть музея сохраняется в старом здании, – рассказывает архитектор. – А новое крыло призвано привлечь читателей новых поколений. Есть Достоевский-реалист и Достоевский-новатор; его творчество как бы преломилось сквозь призму времени. Мостики мы понимаем как переход от одного к другому, метафорический телепорт, а атриум – как портал перехода через пространство и время» (рис. 11) [4].



Рисунок 11 – Фрагменты проекта нового крыла музея Достоевского в Санкт-Петербурге

Далее третья концепция – «рекультивация» территории. Такая концепция идеально подходит уже существующим пустырям, где сохранять уже нечего, что подходит к проблеме «пустот» Старого города. Вместо того, чтобы заново застраивать территорию новыми зданиями, концепция использует экологический подход и рекомендует «отдохнуть, восстановиться» возникшему ландшафту опустевшего участка. Пример Садов принцесс в Берлине использует именно эту концепцию. 10 лет назад в берлинском районе Кройцберг на Моритцплац Роберт Шоу (Robert Schaw) и Марко Клауссен (Marco Claussen) взяли в аренду у фонда недвижимости пустырь - 6000 квадратных метров, разместив объявление в газете, привлекли волонтеров, жителей района и развели Urban Gardening – городское садоводство и дали название Сад принцесс. Сад напоминает наши дачи и теплицы, правда, в сезон рассады: все растения, овощи выращивают в мобильных грядках, в ящиках, мешках из-под картошки. Такая мобильность позволит в случае необходимости легко и быстро переехать. По философии создателей сада, со временем все больше людей будет жить в городах, поэтому важно иметь продукты, выращенные своими руками, рядом. Авторам проекта действительно удалось создать зеленую зону, в которой можно отдохнуть от суеты, поухаживать за грядками и расслабиться. Сад принцесс поддерживается силами волонтеров: два раза в неделю – по четвергам и в субботу - каждый сезон в саду трудятся до 1000 волонтеров и ухаживают за садом. Здесь нет личных грядок, а все пространство общественное. Есть 20-30 человек, которые трудоустроены в саду или приходят регулярно. Овощи и зелень можно садить самим или купить их. Часть того, что здесь растет, отдают в кафе: так сад удается немного поддерживать финансово (рис. 12) [5].



Рисунок 12 – Сад принцесс в Берлине

Такая концепция подходит и Старому городу. На месте уже «израненных» строительством пустырей появится новый символ жизни, как память тому, что когда-то было утрачено. Озеленение появится здесь, как метафора стремления к жизни природы, которая прорывается сквозь асфальт, в случае города – антропогенный ландшафт (рис. 13).



Рисунок 13 – Метафора жизни

Если представить это в схеме города, то есть провести инверсию и увидеть, что вся территория по сути ландшафт, а территория домов – «вырванные куски зелени», то можно убедиться, что пустота – это не пустыри, а именно отсутствие зеленого ландшафта и присутствие некой памяти. Таким образом, превращая «пустоты» в обитаемые зеленые ландшафты, мы за-полняем их участки зеленью, которая когда-то была «вырвана». Такие освоенные «пустоты», будучи естественным образом обособленными друг от друга в структуре Старого города, формируют структуру нового дискретного (прерывистого) парка, которая поддерживается уже существующими (непрерывными) парками (Детский парк и Парком КиО) (рис. 14).



Рисунок 14 – Концепция дискретного парка в Старом городе

Далее каждый из участков требует отдельного рассмотрения, когда каждый из них можно будет заполнить различными комбинациями вариантов архитектурно-ландшафтной организации места: будь то сортамент озеленения, функция или малая архитектурная форма (рис. 15).



Рисунок 15 – Варианты формирования структуры дискретного парка при заполнении «пустот»

Рассмотренная проблема нового (повторного) освоения и развития пространств-пустот, возникших в результате сноса ветхих деревянных домов в историческом районе Ухты «Старом городе», позволила исследовать и представить возможные пути решения «заполнения пустот». В качестве одной из возможных тактик решения проектной проблемы представлена идея архитектурно-ландшафтной организации пустыющих участков с целью возвращения их в жизнь Старого города (в рамках общей концепции преемственного развития среды, обладающей

историко-культурной ценностью) и организацией в Старом городе нового объекта ландшафтной типологии – дискретного парка.

Библиографический список:

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Москва: Изд-во стандартов, 2014. – С. 6.
2. Правила землепользования и застройки [Электронный ресурс] / Утверждено постановлением администрации МОГО "Ухта". – Электрон. текстовые дан. Ухта: 2021. – Режим доступа: <https://ухта.рф/directions/grad/pzz/>, свободный (дата обращения: 15.02.22).
3. "Севкабель" порт в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/sevkabel-port-v-sankt-peterburge/, свободный (дата обращения: 07.03.22).
4. Скорее метафорически, чем буквально. В Петербурге спорят: можно ли строить новое крыло музея Достоевского современной архитектуры, или все, что дозволено – восстановить утраченный по соседству доходный дом? Рассматриваем предварительную концепцию здания музея. [Электронный ресурс] / Серафима Львовская. – Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург, 2018. – Режим доступа: <https://archi.ru/russia/78629/skoree-metaforicheski-chem-bukvalno>, свободный (дата обращения: 12.03.22).
5. Принцессиненгартен: общественный огород в центре европейской столицы. [Электронный ресурс] / Ирина Посредникова. – Электрон. текстовые дан. – Москва, 2019. – Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/printsessinengarten-obschestvennii-ogorod-tsentre-evropeiskoi-stolitsi>, свободный (дата обращения: 16.03.22).

УДК 712.025.5

Концепция архитектурно-ландшафтной организации территории жилой застройки 1960-х годов в центральной части города

Траат К.А., Коптяев Д.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В данной статье рассматривается среда квартала жилой застройки 1960-х годов в двух аспектах: среда 1960-х годов – среда «великой эпохи»; среда центральной части города – место интенсивного развития городских процессов и архитектуры. Цель работы предложить концептуальные направления архитектурно-ландшафтной организации территории с учетом обозначенных аспектов для формирования наиболее благоприятных условий жизни «внутри» и «рядом».

Выбранный участок для проектирования располагается между пр. Ленина, пр. Космонавтов, ул. Оплеснина, ул. 40 Лет Коми АССР и занимает одно из центральных мест в городе. Территория квартала активно стала застраиваться в 60-е годы прошлого столетия. Квартал застроен четырех- и пятиэтажными кирпичными жилыми дома, преимущественно серии 1-447; присутствует линейная, периметральная и групповая застройка. На участке находится школа (МОУ СОШ № 3) и два детских сада (детский сад № 9, детский сад № 17) (рис. 1).

Анализ современного состояния территории квартала позволил выявить положительные и отрицательные стороны, рассматриваемые в работе как возможные ресурсы развития и проблемы соответственно.

К положительным сторонам можно отнести следующие (рис. 2):

- возраст данной территории и историко-культурная ценность – они несут в себе исторический код соответствующий периоду 1960-х годов. Он выражается в функционально-планировочном решении, дискретности застройки – свободном и относительно равномерном расположении зданий на территории, непрерывности пространства между домами, в сформированных коллективных пространствах, когда обширность территорий компенсировала жителю малометражность его жилой ячейки, предоставляя хорошие условия для отдыха вне дома;

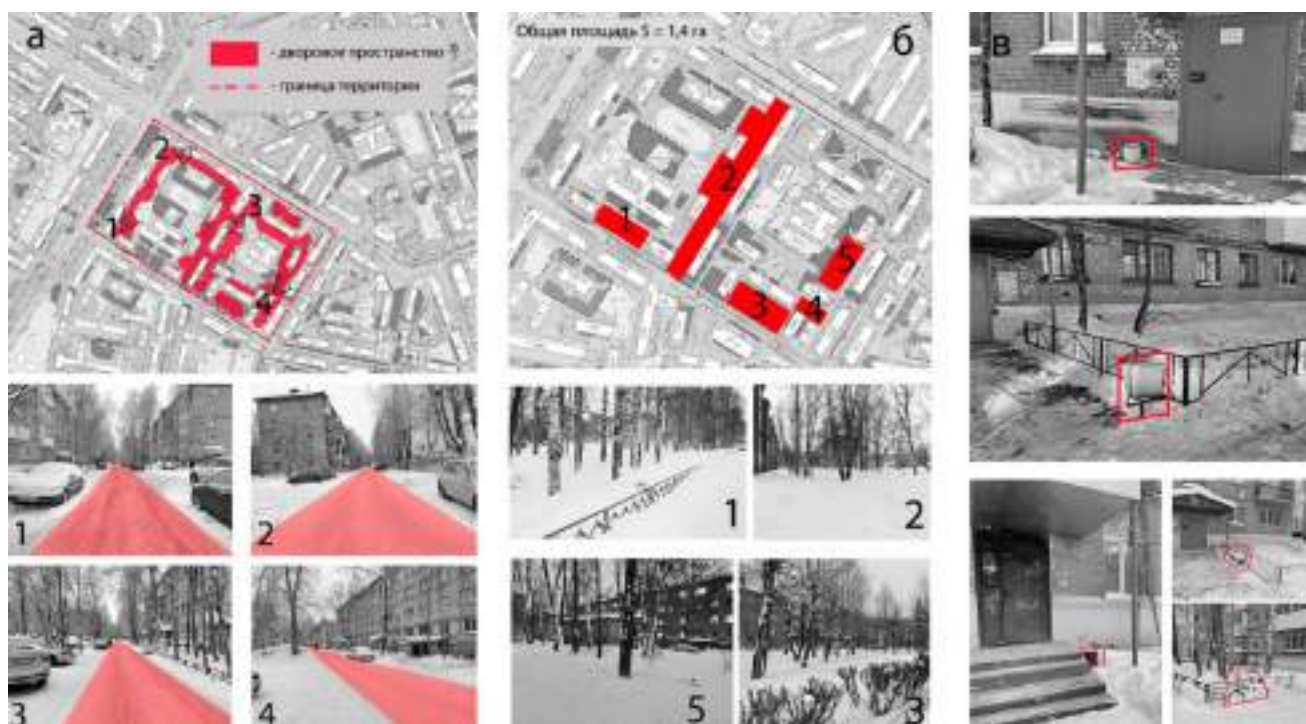
- наличие территориальных ресурсов (бросовых территорий, неблагоустроенных дворов) – заброшенные территории могут служить площадками для развития среды квартала, формирования нового, но преемственного облика;

- участие жильцов в формировании своего жилья и дворового пространства. На территории присутствуют импровизированные места отдыха, самодеятельное благоустройство (в первую очередь палисадов), «самодельные» пристройки на первых этажах. Данный факт показывает, что жильцы заинтересованы в формировании своей благоприятной среды и готовы ее сохранять и развивать. Черты хозяина в жилой среде ведут к ее персонализации, что следует считать важным в вопросе обретения собственного облика и идентифицируемости среды.



а) схема расположения в структуре города; б) схема учебных учреждений;
в) схема застройки участка; г) схема этажности домов

Рисунок 1 – Аналитические схемы рассматриваемого квартала.



а) схема дворового пространства; б) схема бросовых территорий;
в) фотофиксация самодеятельного благоустройства территории

Рисунок 2 – Пример положительных сторон рассматриваемой территории.

К отрицательным сторонам можно отнести следующие (рис. 3):

- минимальное благоустройство территории, за которой не следят на подобающем уровне. В 1960-е годы значение «во двор» отличалось от значения «на улице»: улица была чем-то внешним, куда выходили, двор – внутренним, куда возвращались. Пространство внутри становится безликим, пустым, внутреннее переходит во внешнее (границы дворового пространства исчезают, происходит смешивание городской (публичной) среды и жилой (приватной) среды);

- загруженность территории квартала автотранспортом. Дворы из безопасного места

для отдыха превращаются в парковки и транзитные пути для прохожих; транспорт наступает на зелень – процент озеленения квартала падает;

- неспособность отдельных компонентов благоустройства территории воспринять возросшие нагрузки. Например, на территории квартала (площадь около 11 га) располагаются всего две площадки для сбора твердых коммунальных отходов (ТКО), их количество и расположение не позволяет равномерно распределить нагрузку. Увеличение количества машин, требующее большей площади для организации парковок, увеличивает нагрузку на убывающие компоненты озеленения и площадки для отдыха. В целом, остро ощущается дефицит территориальных ресурсов для новых видов деятельности и существующих.



а) фотофиксация территории,
б) фотофиксация участков территорий хранения автотранспорта,
в) схема расположения площадок ТКО

Рисунок 3 – Пример отрицательных сторон рассматриваемой территории.

Опираясь на результаты проведенного анализа современного состояния жилой среды квартала 1960-х годов в центральной части города, разработана концепция архитектурно-ландшафтной организации территории, которая представлена в следующих четырех положениях: 1) историко-культурная идентичность места и застройки 1960-х годов; 2) двор без машин; 3) зелень во дворе; 4) география места.

Идентичность места и застройка 1960-х годов. Идентичность – означает сознательное или бессознательное соотнесение себя с большими и малыми группами по тем или иным основаниям. Идентичность места и застройки подразумевает их способность быть узнаваемыми, соотносимыми с периодом строительства квартала; в тоже время, идентичность среды квартала – это её способность транслировать наиболее яркие (возможно важные) и положительные качества (истории, ценности, ориентиры и идеи) той эпохи 1960-х годов СССР, в которую был создан квартал, через различные средства и приемы организации материально-пространственной среды (планировка, архитектура зданий, дизайн жилой среды, темы и названия, памятные места и объекты).

Памятные места, появившиеся со временем на территории квартала – это скверы. Так, в сквере вдоль улицы Оплеснина «давным-давно» был установлен памятник Ленину и Горькому – они беседовали. Позже, после демонтажа памятника, было принято решение установить здесь памятник ликвидаторам последствий аварии черновобильской АЭС. 15 августа 1999 года был установлен памятник Погибшим в Чечне и Афганистане в сквере вдоль проспекта Ленина. 8 октября 1999 года был установлен памятный знак героя России А. И. Алексева у входной группы школы №3 (рис. 4). Исходные символы прошлого – мир, диалог, беседа, дружба, содружество, со временем заменены на иные смыслы, не соответствующие эпохе 1960-х, но, видимо, очень нужные в этом месте.

Названия улиц, обрамляющих квартал, так же транслируют свою историю, идентифицируя среду квартала с 1960-ми годами. В 1963 году после в честь первого полета человека в космос получил свое название проспект Космонавтов. В 1957 году улица Оплеснина увековечила память героя Советского Союза Николая Оплеснина (рис. 4).



а) знак героя России А. И. Алексеева; б) стела ликвидаторам последствий аварии черновильской АЭС; в) памятник Погибшим в Чечне и Афганистане; г) фотофиксация пр. Космонавтов; д) фотофиксация ул. Оплеснина

Рисунок 4 – Схема расположения памятных мест на территории.

Особенности архитектуры застройки квартала выражаются не только в функционально-планировочном решении (см. рис. 1, 2), но и во внешнем виде и декоре жилых домов. Следует выделить интересные (уникальные?) элементы кирпичной кладки в каждом жилом доме квартала (рис. 5).

Одним из имен эпохи стало слово «оттепель» – время перемен, новых надежд и свершений. Так 1960-е годы оставили значимый отпечаток в истории не только страны, но и всего мира, стали ступенью в мире изменений и нововведений. Наука была одной из приоритетных областей СССР. Колоссального прогресса был достигнут в научной и космической отраслях. Кино и телевизионная индустрия стали развиваться с огромной скоростью. Развивался спорт. Советские спортсмены выступали блестяще, устанавливая всевозможные рекорды и завоевывали золотые медали («...мы хотим всем рекордам наши звонкие дать имена...»). Зимой страна каталась на коньках и бегала на лыжах, а летом учувствовала в марафонах. Слова «товарищ», «гражданин» были в почете, а коллективное бытие представлялось высшей формой организации и процветания советского общества.

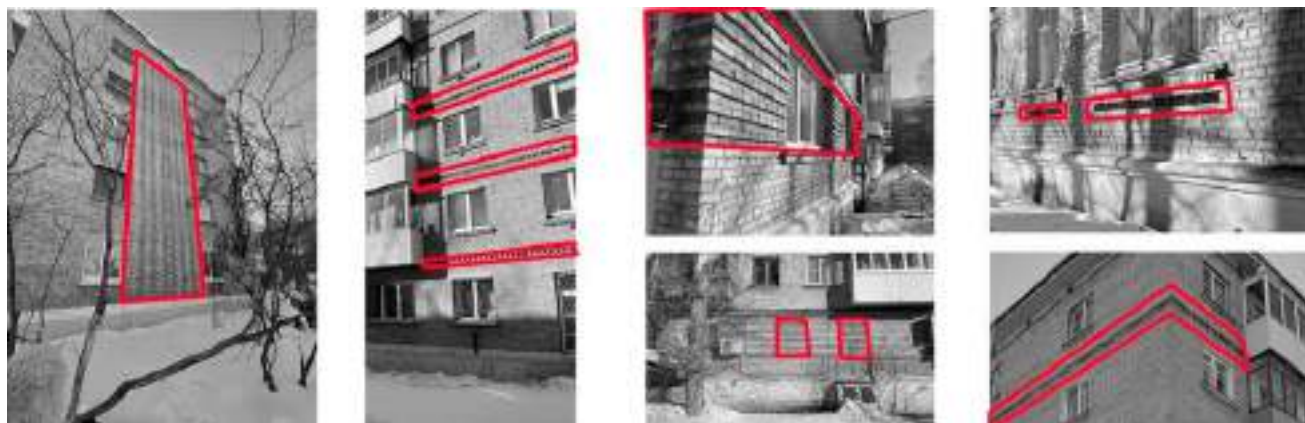


Рисунок 5 – Декор жилых домов периода «запрета и борьбы с излишествами в архитектуре»

Как можно сохранить идентичность такого места? Как должно развиваться такое место? Можем ли мы себе позволить снести «хрущобы» как в Москве? Имеем ли мы право уничтожать наследие?

Для сохранения и развития среды квартала предлагается использовать следующие тактики работы с наследием: музеефикация, театрализация, мемориализация.

Музеефикация – направление музейной деятельности, заключающееся в преобразовании историко-культурных или природных объектов в объекты музейного показа с целью максимального сохранения и выявления их историко-культурной, научной, художественной ценности [1].

Театрализация (игра) – способ преподнесения и трактовки явления в образной художественной форме и только театрализованными средствами [2].

Мемориализация – система действий, направленных на придание чему-либо мемориального характера, превращение чего-либо в объект памяти [3].

Обозначенные подходы позволят преемственно, тактично и уважительно сохранить и развить идентичность среды квартала 1960-х годов, руководствуясь историей, культурой и памятью.

Зелень во дворе. Проблема «зеленых насаждений» – это одна из острых экологических проблем на сегодняшний день. Применяв концепцию «зелень во дворе», можно создать условия для здоровой комфортной и удобной жизни как для отдельного человека по месту проживания, так и для всех жителей города в целом. Создание мощного слоя озеленения положительно будет влиять не только локально (на данный участок), но и более глобально (в рамках города). На территории квартала выявлены участки зеленых насаждений и дана оценка их современного состояния (рис. 6).



Рисунок 6 – Схема расположения наибольшего озеленения на территории рассматриваемого участка

Какие функции выполняют зеленые насаждения? В первую очередь защитную (защищают от неблагоприятных ветров, поглощают посторонние шумы); гигиеническую (очищают городской воздух от пыли и газов); психологического воздействия (снижается риск развития психического расстройства цветом, формой, запахом, сглаживают впечатления от застройки); эстетическую (формирование художественного облика квартала). Процент озеленения квартала составляет 16 %.

Для повышения процента озеленения квартала можно использовать следующие приемы (рис. 7):

- частичное включение в дизайн цветочных композиций;
- использование фасадов как плоскостей для озеленения;
- использование плоскостей крыши беседок;
- орнамент из мха и травы в уровне мощения дорог.

Двор без машин. С проблемой парковок зачастую люди сталкивались в больших мегаполисах, но со временем сфера автотранспорта набирала темпы развития и данная проблема перешла в жилые кварталы небольших городов.

Рассматриваемая территория проектировалась в 1960-е года, когда уровень автомобилизации был на порядок ниже современного (около 50 машин на тысячу жителей). Под данный уровень проектировались парковочные места. В настоящее время территория не справляется с текущей нагрузкой, что ведет к формированию стихийных парковок вдоль домов и на участках озелененных территорий. В силу уникальной планировки дворов, они

трансформируются в проезжие части. Свободные участки преобразуются в места для парковки. Таким образом, 16 % от территории квартала занимают площадки для хранения автотранспорта (рис. 8). Наличие машин на дворовой территории – это визуальный дискомфорт; небезопасная среда детства; неблагоприятные соседства; нанесение вреда окружающей среде; занятые территории.



а) цветочные композиции, б) зеленые фасады, в) зеленые крыши, г) зеленое мощение

Рисунок 7 – Фото примеров для повышения озеленения.

Что дает отсутствие машин во дворе? Это увеличение полезной площади (наличие ресурсов для формирования площадок, необходимых жильцам), дружелюбность среды, отсутствие шума и выхлопных газов (влияние на экологическую обстановку квартала), повышение безопасности среды.

Добиться отсутствия нежелательного соседства можно формированием альтернативного места хранения транспорта. Это могут быть механические парковки (повышение эффективности парковочного пространства), подземные парковки (экономия наземного пространства и очистка его от автомобилей), а также платформа или стилобат, позволяющий вертикально зонировать пространство двора, делая его безопасным (более эффективное использование пространства участка) (рис. 9).



Рисунок 8 – Схема размещения автотранспорта на территории (современное состояние)



а) механическая парковка, б) подземная парковка, в) платформа

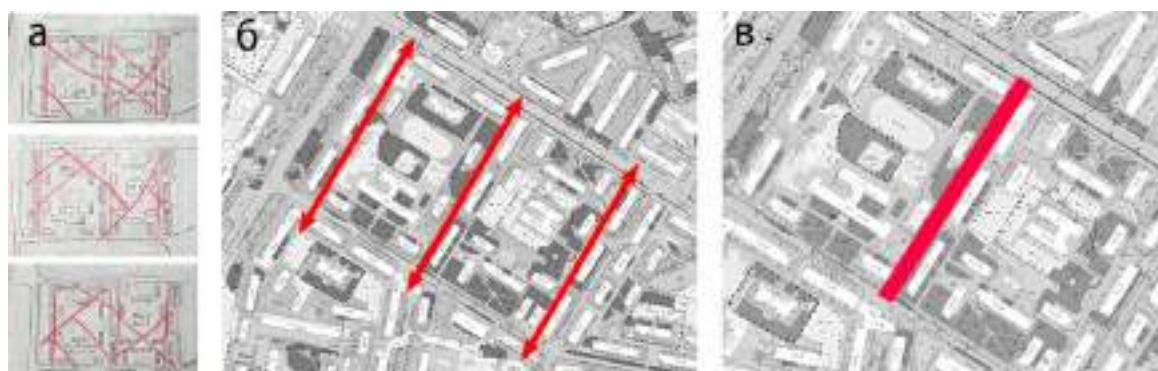
Рисунок 9 – Примеры организации парковок.

География места. Участок располагается в центральной части города, обеспечивая связь центра и спальных районов города, пропуская через себя десятки прохожих в день. Возникает конфликт людей, проживающих на данной территории (жителей двора) и прохожих.

Для решения данной проблемы предлагаются следующие приемы формирования пространства (рис. 10). Первое, создать дополнительную сетку надземных коммуникаций. Она позволит разделить потоки и снизит нагрузку на существующие. Следующее, выявление интенсивно используемых путей и дальнейшая работа с ними, поиск ресурсов для формирования дополнительных связей (создание аллей).

Формирование комфортной дворовой территории играет важное значение для людей, проживающих на ней. При ее формировании важно учесть пользователей, тех, для кого предназначена эта среда. Если более детально рассмотреть контингент обитателей, то можно выделить семь групп: пенсионеры (тихий отдых), взрослые люди с детьми (активное времяпровождение, прогулки, игры с детьми, дети 0 – 7 лет обучающие игры, 7 – 15 лет активные обучающие игры, общение), взрослые люди (общение, занятие спортом, утренние пробежки, прогулки), молодые люди (занятие спортом, активный отдых), люди с собаками (выгул, дрессировка собак), автомобилисты (парковка автомобилей, проезды), прохожие.

Учет потребностей обитателей позволяет более целесообразно и адресно подойти к организации соответствующих зон и участков территории: зона тихого отдыха, зона активного отдыха, хозяйственные зоны, зона придомовой территории.



а) варианты надземных коммуникаций, б) поиск линейных связей, в) место для формирования аллей

Рисунок 10 – схемы примеров формирования дополнительных связей:

Концепцией предлагается дальнейшая функционально-планировочная фрагментация среды квартала (рис. 11). Такая парцелляция ставит своей задачей создание многообразия малых участков в структуре целостной пространственной организации коллективной среды квартала, что позволит, как видится, максимально полно создавать современное с учетом ценностей прошлого.

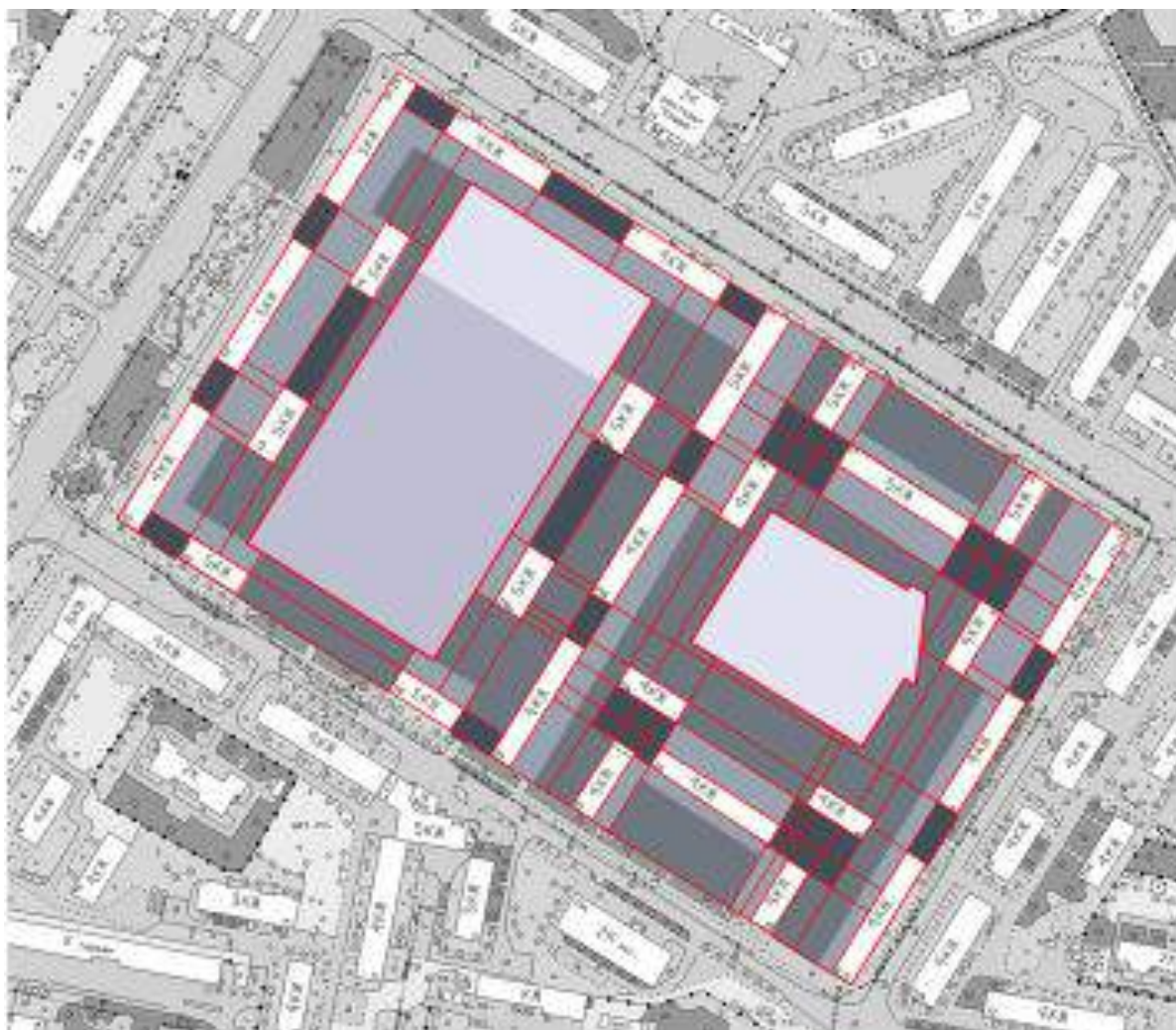


Рисунок 11 – Схема ново парцелляции территории квартала

Библиографический список:

1. Березина, Н. М. Роль музеефикации объектов культурного наследия в их сохранении и популяризации [Электронный ресурс]. – URL: <http://dolgoprudnymuseum.ru/berezina-n-m-rol-muzeifikatsii-obektov-kulturnogo-naslediya-v-ih-sohranении-i-populyarizatsii/> (дата обращения: 18.03.2022).
2. Театрализация, как режиссерский метод массового представления и праздника [Электронный ресурс]. – URL: <https://infourok.ru/metodicheskaya-rabota-teatralizaciya-kak-rezhisserskiy-metod-massovogo-predstavleniya-i-prazdnika> (дата обращения: 18.03.2022).
3. Мемориализация [Электронный ресурс]. – URL: <http://shurupo-vert.ru/memorializaciya/> (дата обращения: 18.03.2022).

СЕКЦИЯ 3. БУРЕНИЕ

УДК 622.24.063.2

Использование механического лубриканта ALPINE DRILL BEADS в буровых растворах

Политов Н.М.

Научный руководитель - Цуканова А.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Сегодня всё чаще буровые работы ведутся в осложненных условиях: на более глубоких интервалах, при повышенных температурах и давлении и при большом отклонении от вертикали. При этом нефтедобывающие компании нуждаются в более совершенных технологиях, которые позволят им достигать своих целей с максимальной экономической эффективностью и безопасностью. Крупнейшие нефтесервисные компании мира, такие как Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Миррико, в гонке за лучшими технологиями разрабатывают яркие новинки, которые появляются на рынке товаров.

В 2010 году компания Schlumberger купила компанию M-I SWACO. Подразделение M-I специализируется на буровых растворах, растворах для вскрытия продуктивного пласта, жидкостях закачивания. Подразделение SWACO специализируется на оборудовании для очистки буровых растворов, системы контроля давления в скважине. Современное бурение предполагает использование таких системных добавок, которые позволяют обеспечивать ряд технологических свойств при минимальном вмешательстве, с легкой технологией регулирования, управления такими системами. В данной работе представлена единственная в своем роде разработка компании M-I SWACO - механический лубрикант (смазка) «ALPINE DRILL BEADS».

«ALPINE DRILL BEADS» является сополимером стирола и акрилонитрила, проще говоря, сополимерный пластик. «ALPINE DRILL BEADS» имеет цельную сферическую форму. Используется в растворах на водной, минеральной и синтетических основах как механический лубрикант. На вид «ALPINE DRILL BEADS» представляет собой пластиковые микросферы. «ALPINE DRILL BEADS» поставляется в мешках весом по 22,7 кг. На рисунке 1 представлен внешний вид «ALPINE DRILL BEADS».



Рисунок 1 - Внешний вид механической смазки «ALPINE DRILL BEADS»

Основные физические свойства представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные физические свойства «ALPINE DRILL BEADS»

Внешний вид	Пластиковые микросферы
Относительная плотность	$1,1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Фракция Fine	170-250 мкм
Фракция Coarse	740-900 мкм
Прочность на сжатие	110 МПа
Термостабильность	До 232 °С

Фракция Fine означает – мелкозернистая фракция. Фракция Coarse – крупнозернистая фракция.

«ALPINE DRILL BEADS» эффективно снижает коэффициент трения и момент кручения в любых типах промывочных жидкостях, обеспечивает передачу нагрузки на долото при проводке наклонно-направленных и горизонтальных скважин, снижает вероятность дифференциальных прихватов, облегчает проведение спуско-подъемных операций бурильных, обсадных колонн и геофизического оборудования.

Рекомендуемая начальная концентрация «ALPINE DRILL BEADS» для применения в буровых растворах для снижения величин сил трения, момента кручения и предотвращения дифференциальных прихватов составляет $5 - 22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Для спуска обсадных колонн и проведения геофизических исследований рекомендуется провести обработку объема раствора, находящегося в скважине, для достижения концентрации «ALPINE DRILL BEADS» $26 - 30 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

«ALPINE DRILL BEADS» могут вводиться непосредственно в буровой раствор через гидравлическую воронку. С целью сохранения и повторного использования рекомендуется применять установку «Alpine Bead Recovery Unit».

Компания ИСК ПетроИнжиниринг пыталась разработать аналог «ALPINE DRILL BEADS», разработав механический лубрикант в виде стеклянных микросфер. На опыте исследований аналог показал менее успешные результаты, так как основным компонентом был кварцевый песок. На рисунке 2 представлено сравнение стеклянных микросфер, керамических микросфер и «ALPINE DRILL BEADS».



Рисунок 2 - Сравнение стеклянных микросфер, керамических микросфер и «ALPINE DRILL BEADS»

Компания Миррико разработала более успешный аналог с названием «ARTEN ROLL». Основные отличия скрываются в физических свойствах. В таблице 2 приведено сравнение основных физических свойств «ALPINE DRILL BEADS» и «ARTEN ROLL»

Таблица 2 - Сравнение основных физических свойств «ALPINE DRILL BEADS» и «ARTEN ROLL».

	«ALPINE DRILL BEADS»	«ARTEN ROLL»
Относительная плотность	$1,1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	До $1,75 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Прочность на сжатие	110 МПа	42 МПа
Термостабильность	До 232 °С	До 200 °С

Преимущества «ALPINE DRILL BEADS» перед его аналогами заключается в том, что он способен эффективно работать в любых типах буровых растворах на водной, углеводородной и синтетических основах. Он является инертным, неабразивным материалом, снижающим величины сил трения и момента кручения. «ALPINE DRILL BEADS» снижает износ обсадных колонн в процессе бурения последующих интервалов.

В процессе строительства скважины на Ватьёганском месторождении, производилось бурение бокового ствола скважины. Зарезка боковых стволов скважин отличается рядом особенностей, обусловленных горно-геологическими характеристиками разреза, конструкцией скважины и особенностями профиля. Строительство таких скважин предъявляет повышенные требования к качеству промывочной жидкости.

Согласно программе промывки, при бурении интервала набора кривизны (интервал 2725 - 3159 м) рекомендуется использовать биополимерный хлоркалийевый раствор системы ИКАРБ+, а при бурении горизонтального участка (интервал 3159 - 3448 м) - свежий буровой раствор ИКАРБ+.

По рекомендации программы промывки перед проведением подъема инструмента под спуск хвостовика необходимо произвести приготовление и установку смазывающей «пачки» с добавлением «ALPINE DRILL BEADS» в концентрации не менее $24 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и не более $30 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и с содержанием смазки более 6% об. Рекомендованная плотность бурового раствора перед подъемом КНБК и «пачки» не менее $1,15 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Было решено провести следующие исследования:

- Провести полный анализ бурового раствора до и после ввода «ALPINE DRILL BEADS» ;
- Выяснить влияние «ALPINE DRILL BEADS» на реологические свойства бурового раствора;
- Выявить, как повлиял «ALPINE DRILL BEADS» на вес колонны;

Перед началом КСПО (контрольная спуско-подъемная операция) была взята проба бурового раствора из второй ёмкости ЦСГО (центральная система грубой очистки) и был проведен полный анализ бурового раствора. Результаты приведены в таблице 3.

В качестве основных характеристик бурового раствора были выделены следующие: условная вязкость, пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, статическое напряжение сдвига, водоотдача.

Для определения условной вязкости использовался капиллярный вискозиметр OFITE воронка Марша и мерная кружка на рабочий объём 946 мл.

Для определения пластической вязкости использовался ротационный вискозиметр OFITE 800.

Проводились замеры со скоростью вращения $600 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ и $300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$. После рассчитывается их разница.

$$PV = R600 - R300 \quad (1)$$

Для определения динамического напряжения сдвига также использовался ротационный вискозиметр OFITE 800. Для определения ДНС использовался результат замера со скоростью вращения $300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ и значение пластической вязкости.

$$\text{ДНС} = (R300 - PV) * 4,84 \quad (2)$$

Таблица 3 - Результаты анализа бурового раствора перед началом КСПО.

Температура р-ра	°С	27
Плотность р-ра	$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	1,15
Условная вязкость	сек	35
R600/R300	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	47/35
R200/R100	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	29/22
R6/R3	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	9/8
Пластическая вязкость	сПз	12
ДНС	дПа	112
СНС 10с/10мин	дПа	43/63
Фильтрация	мл/30мин	2,6
Филт. Корка	мм	0,2
Твердая фаза	%об	8
Смазка/вода	%об	8/84
рН		11
Хлориды	мг/л	41000
Жесткость	мг/л	200

Для определения статического напряжения сдвига использовался ротационный вискозиметр OFITE 800. СНС определялся после 10 секунд и 10 минут нахождения бурового раствора в состоянии покоя. Скорость вращения была соблюдена $0,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

Также перед КСПО был зафиксирован вес колонны. Собственный вес колонны составлял 53 тонны. Вес колонны при подъеме был равен 68 тонн, при спуске 40 тонн.

После всех проведенных замеров колонна была спущена до забоя. В это время готовилась «пачка» с «ALPINE DRILL BEADS». После приготовления данная «пачка» ставится в открытый ствол. Объем пачки составил 9 м^3 , содержание смазки 8%, концентрация «ALPINE DRILL BEADS» $28 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Прокачка пачки заняла 40 минут.

После установки «пачки» в открытом стволе скважины была взята проба бурового раствора из второй ёмкости ЦСГО и был проведен полный анализ бурового раствора. Результаты приведены в таблице 4.

В таблице 5 приведено сравнение результатов анализов бурового раствора перед началом КСПО и после установки «пачки».

Как видно из таблицы, реологические свойства изменились совсем не значительно. Но для более точной картины влияния «ALPINE DRILL BEADS» на реологические свойства бурового раствора было решено проводить замеры каждые 15 минут с момента введения пачки в скважину. В таблице 6 приведен анализ реологических свойств бурового раствора через 15, 30 и 45 минут после начала установки «пачки». Как можно заметить, реологические свойства практически не изменяются, поэтому можно сделать вывод, что «ALPINE DRILL BEADS» не оказывает влияния на реологические свойства бурового раствора.

После прокачки пачки колонна пошла на подъём. Во время подъема замерен вес колонны. При подъеме вес колонны составил 63 тонны, при спуске 37 тонн. Собственный вес колонны не изменился или изменился не значительно.

Таблица 4 - Результаты анализа бурового раствора после установки «пачки».

Температура р-ра	°С	27
Плотность р-ра	$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	1.14
Условная вязкость	сек	34
R600/R300	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	46/34
R200/R100	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	27/20
R6/R3	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	8/7
Пластическая вязкость	сПз	12
ДНС	дПа	111
СНС 10с/10мин	дПа	41/63
Фильтрация	мл/30мин	2,4
Фильт. Корка	мм	0,2
Твердая фаза	%об	8
Смазка/вода	%об	8/84
рН		10,5
Хлориды	мг/л	42000
Жесткость	мг/л	200

Таблица 5 - Сравнение анализов бурового раствора перед началом КСПО и после установки «пачки»

		Перед началом КСПО	После установки «пачки»
Температура р-ра	°С	27	27
Плотность р-ра	$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	1,15	1,14
Условная вязкость	сек	35	34
R600/R300	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	47/35	46/34
R200/R100	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	29/22	27/20
R6/R3	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	9/8	8/7
Пластическая вязкость	сПз	12	12
ДНС	дПа	112	112
СНС 10с/10мин	дПа	43/63	41/58
Фильтрация	мл/30мин	2,6	2,4
Фильт. корка	мм	0,2	0,2
Твердая фаза	%об	8	8
Смазка/вода	%об	8/84	8/84
рН		11	10,5
Хлориды	мг/л	41000	42000
Жесткость	мг/л	200	200

Таблица 6 - Анализ реологических свойств бурового раствора через промежутки времени.

		Через 15 минут	Через 30 минут	Через 45 минут
Условная вязкость	сек	35	34	34
R600/R300	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	47/35	46/34	46/34
R200/R100	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	30/22	29/21	27/20
R6/R3	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	9/8	8/7	8/7
Пластическая вязкость	сПз	12	12	12
ДНС	дПа	112	108	112
СНС 10с/10мин	дПа	43/63	43/63	41/63
Фильтрация	мл/30мин	2,6	2,6	2,4

В результате использования «ALPINE DRILL BEADS» вес колонны при подъеме уменьшился на 7%, а при спуске на 7,5%. Это связано с тем, что «ALPINE DRILL BEADS» уменьшает величины сил трения.

Таблица 7 – Сравнение анализов веса буровой колонны до прокачки «пачки» и после прокачки «пачки» с «ALPINE DRILL BEADS».

Вес колонны	До прокачки «пачки»	После прокачки «пачки»
Собственный вес колонны, т	53	53
Вес колонны при подъеме, т	68	63
Вес колонны при спуске, т	40	37

Стоит упомянуть, что при прокачке «пачки» с «ALPINE DRILL BEADS» рекомендуется вращать буровую колонну, для равномерного втирания в открытый ствол скважины сополимерных сфер. В таком случае шарики дают эффект шарикоподшипников, улучшая скольжение колонны.

В ходе дальнейших наблюдений буровая колонна перемещалась очень свободно, без затяжек и прихватов. Обсадная эксплуатационная колонна и хвостовик были спущены без каких-либо осложнений.

Необходимо уточнить, что при превышении допустимой концентрации «ALPINE DRILL BEADS» шарики могут забиваться в КНБК (компоновка низа буровой колонны). Это видно за счет скачков давления на манифольде. Скачки могут достигать до 20 МПа.

Библиографический список:

1. Ангелопуло О.К. Буровые растворы [Текст]/ О.К. Ангелопуло, В.М. Подгорнов, В. Э. Аваков // Буровые растворы для осложнённых условий. – Москва, «Недра» 1988 г. – С. 25-27.

Анализ опыта ведения ловильных работ на площадях и месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

Кузечкин Д.В.

Научный руководитель - Каменских С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

Основными задачами анализа является:

1. Анализ и классификация основных видов аварий при строительстве нефтяных и газовых скважин.
2. Исследование и анализ различных видов и конструкций ловильного инструмента, их классификация.
3. Изучение опыта ведения ловильных работ на площадях и месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и уточнение порядка их ведения.

Ловильные работы – это операции по ликвидации ряда аварий, к которым относятся: освобождение прихваченных труб или УБТ, извлечение из скважины оборванных или оставленных по другим причинам труб, удаление обломков и посторонних предметов из скважины и др.

Согласно И. П. Пустовойтенко аварии в бурении можно классифицировать следующим образом:

1. Аварии с бурильной колонной (40-50 %).
2. Прихваты бурильного инструмента (30-40 %).
3. Аварии с обсадной колонной (10-20 %).
4. Аварии из-за неудачного цементирования (5-10 %).
5. Аварии с долотами (5-10 %).
6. Аварии с забойными двигателями (5-10 %).
7. Падение посторонних предметов в скважину (3-5 %).
8. Прочие аварии (2-5 %).

Для качественной ликвидации любого вида аварии требуется использование ловильного инструмента. Ловильный инструмент – приспособления и механизмы, используемые для извлечения из скважины прихваченной части бурильной колонны, её отдельных элементов, забойных двигателей, долот или посторонних предметов. По назначению ловильный инструмент делят на основной и вспомогательный. Основной ловильный инструмент применяется для непосредственного соединения с аварийным объектом и последующего его извлечения из скважины. К нему относятся: ловители и труболочки; метчики и колокола; овершоты; фрезеры и райберы; труборезки и вырезающие устройства; ударные механизмы; пауки; ерши, вилки и удочки. Вспомогательный ловильный инструмент служит для предварительного изучения аварийного объекта и подготовки к ликвидации аварии. К нему относятся печати, торпеды и др.

Ловители и труболочки используют для извлечения из скважины труб различного назначения и других инструментов, имеющих цилиндрическую форму. Используются при больших глубинах и малых кольцевых зазорах между стенкой скважины и аварийной трубой. Если не удастся извлечь прихваченный инструмент целиком, то его извлекают по частям. Ловители и труболочки подразделяются на: - внутренние, наружные; - освобождающиеся и неосвобождающиеся; - универсальные и распорные; - одинарные и сдвоенные и др.

Ловитель с промывкой применяется для захвата оставшейся в скважине бурильной колонны за трубу или замок или за то и другое с промывкой скважины через захваченную часть бурильной колонны, а так же для извлечения её на поверхность. Одинарные ловители схватывают элемент бурильной колонны (трубу, замок или муфту) только за один участок, а сдвоенные – за два участка: трубу или за трубу и замок. При отличном состоянии ствола скважины для более надёжного захвата лучше использовать сдвоенный ловитель. Наружные

ловители используются для захвата и удержания труб за наружную поверхность и извлечения их на поверхность, внутренние – за внутреннюю поверхность труб.

Труболовки используются для того, чтобы извлекать из скважины трубы различного назначения, а так же для извлечения других инструментов, которые имеют цилиндрическую форму. Так же используются для больших глубин и малых кольцевых зазорах между стенкой скважины и аварийной трубой. Если не получается извлечь прихваченный инструмент целиком, то его извлекают по частям. Лучше всего, чтобы верхняя часть оставшейся в скважине колонны не была повреждена. Кроме этого, периодически требуется вынимать повреждённые верхние участки труб для проведения в нижних частях колонны других работ. Труболовки также подразделяются на внутренние и наружные, соответственно, захватывающие извлекаемый предмет за внутреннюю и наружную поверхность

Метчики и колокола – самонарезающие ловильные инструменты с упроченной резьбой и как правило с продольными канавками для выхода стружки, образующейся при нарезании резьбы в оставленной в скважине аварийной колонны. Метчики и колокола применяют, когда требуется интенсивное вращение и расхаживание извлекаемой буровой колонны. Производят метчики универсальные, замковые и гладкие, колокола – сквозные, несквозные и гладкие. Метчики буровые универсальные (МБУ) используют для захвата колонны ввинчиванием в тело элементов буровой колонны. Метчики специальные замковые (МСЗ) используются для захвата ввинчиванием в замковую резьбу. На пояске метчика есть товарный знак завода производителя, его шифр, порядковый номер, дата выпуска. Метчики исходя из назначения производят с левой и правой резьбой. Например, метчики с правой резьбой используют для того, чтобы извлечь оставшиеся колонны целиком, а метчики с левой резьбой – для откручивания и извлечения колонны по частям. Метчик гладкий используется для того, чтобы извлекать предметы, которые имеют внутреннее круглое сечение и толщину стенок не менее 15 мм. Имеют форму простых метчиков, которые не имеют ловильной резьбы. Гладкие метчики используют для того, чтобы отвинтить аварийную трубу, так же другие трубы, для того, чтобы затем соединить их с муфтовой частью бурового замка. Силы нагружения берут не более 200 кН, не забывая, что в случае необходимости освобождения гладкого метчика надо приложить силу, равную нагружению плюс 50-100 кН. Ловильные работы гладким метчиком аналогичны работам с универсальным и замковыми метчиками.

Колокола используют для извлечения оставшейся в скважине колонны с захватом её посредством навинчивания на наружную поверхность оставленных труб.

По строению колокола бывают на несквозные с захватом на наружную поверхность труб (по типу К); сквозные с пропуском через них сломанной трубы с захватом за замок, муфту или УБТ (тип КС); гладкие с захватом на наружную часть всех видов труб

Ловильные работы колоколами типа К и КС сходны с работой метчика. Во всех возможных случаях колокола лучше всего спускать с воронкой, устанавливаемой в его нижней части. Колокола каждого типа в зависимости от назначения, как и метчики, выполняют с правой и левой резьбой.

Гладкие колокола применяются достаточно редко, так как имеют достаточно небольшую грузоподъёмность и возможность срыва из него извлекаемых предметов. Поэтому обычно гладким колоколом отвинчивают несколько труб, чтобы в верхней части находилась замковая муфта. Гладкий колокол представляет собой колокол с внутренней конической поверхностью без ловильной резьбы. При невозможности извлечь трубы на поверхность колокол отсоединяют натяжением колонны более 500 кН с вращением.

Овершоты - Овершоты используют для захвата буровой колонны под замок и извлечения её на поверхность, если нельзя применить ловитель или колокол. Он легко поддаётся модификации и его не трудно приспособить почти ко всем видам ловильных работ. Простота и прочность строения сделала его стандартом для всех подобных ловильных инструментов. Из выпускаемых конструкций следует отметить освобождающиеся и вращающиеся овершоты с промывкой фирм «BOWWEN» и «Хьюстон инжинирс».

Труборезки и вырезающие универсальные устройства используют для того, чтобы срезать трубы и вырезать участки обсадных колонн для того, чтобы забуриться в данном интервале бокового ствола. Данная необходимость получается при ликвидации аварии в скважине или при восстановлении неработающих скважин. По принципу резания труборезки делят на механические, гидравлические и химические.

Механические труборезы используют для того, чтобы резать подвешенные колонны, которые перед этим натягивают с определенным усилием, которое превышает их вес. Если резать разгруженные либо колонны, которые упали в скважину, то часто будут происходить поломки и заклинивание. Производят и применяют труборезы внутренние (типа РВ) и наружные (типа РН).

Гидравлические пескоструйные труборезы просты по строению и надёжны в работе. Гидравлические труборезы могут резать колонны, как нагруженные, так и подвешенные. Химические труборезы хоть в нашей стране и не производят, но они обладают важными преимуществами: к месту резания их получается доставлять на каротажном кабеле, а так же используются в трубах любого диаметра (от 60,3 мм и более).

Фрезеры и райберы используют для разрушения металлических предметов, оставленных в скважине, и для прорезания «окна» в обсадной колонне с целью забуривания бокового ствола. Основные виды фрезеров и райберов представлены на слайде.

Фрезеры забойные (ФЗ) используют для того, чтобы разрушать металлические предметы и устройства, находящиеся в скважине. Забойные фрезеры выпускают трёх видов: 1 – лёгкого вида, 2 – среднего вида, 3 – тяжёлого вида. Фрезеры лёгкого вида могут разрушить любой осадок, куски металла отдельных труб и колонн тонкостенных насосно-компрессорных и обсадных труб или иных приборов и устройств трубчатой конструкции, которые из обычных сталей группы прочности Д, К, Е. Торцевая поверхность фрезера армируется твёрдым сплавом на 40%. Фрезеры среднего вида используют для выполнения тех же работ, что и обычный фрезер, но при более сложных условиях, например фрезерование бурильных труб с замками, отдельных, не очень массивных устройств и деталей. Торцевая поверхность фрезера армируется твёрдым сплавом на 60%. Фрезеры тяжёлого вида используют для разрушения элементов бурильных колонн, долот, переводников, калибраторов, ловильных инструментов. Торцевая поверхность фрезера армируется твёрдым сплавом на 80%.

Фрезеры торцевые (Ф) используют для разрушения металлических предметов, цементного камня и зацементированных металлических предметов по всему сечению скважины.

Фрезеры кольцевые (ФК) используют для разрушения металлических предметов, цементного камня и зацементированных металлических предметов в кольцевом пространстве между стенкой скважины или обсадной колонной и элементами лифтовой или бурильной колонн. Фрезер состоит из трубчатого корпуса, сделанного из высокопрочной легированной стали и режуще-истирающей напайки, состоящей из частиц дроблёного карбида вольфрама, внедрённых в матрицу из никельсодержащей латуни.

Фрезеры колонные конусные (ФКК) применяют для фрезерования повреждённых участков обсадных колонн. Фрезеры изготавливаются с различными углами при вершине: - 1 ФКК – 15°; - 2 ФКК – 30°; - 3 ФКК – 60°.

Фрезеры конусные (Ф) используют для снятия неровностей с внутренней поверхности колонн, очистки «окна» в обсадной колонне, образования фаски по внутреннему диаметру труб, проработки и расфрезерования смятых и эллипсных труб. Фрезеры конусные, в отличие от торцевых, имеют нижний торец, выполненный в форме конуса. Режуще-истирающие элементы напаяны на коническую поверхность 203 в виде полос, сходящихся у вершины. Циркуляция жидкости осуществляется через наклонные отверстия в средней части конуса и боковые каналы корпуса. Фрезеры конусные изготавливаются в двух исполнениях: - тип 5Ф – угол 30°; - тип 10Ф – угол 60°.

Райбер колонный (РК) предназначен для фрезерования повреждённых мест (смятий, сломов) эксплуатационных колонн

Райбер-фрезер прорезивного резания (РПМ) предназначен для прорезания «окна» в обсадной колонне. Этот райбер-фрезер сконструирован для замены специальных фрезеров, которые для одного диаметра обсадной колонны имеют три типоразмера

Фрезеры магнитные забойные (ФМ и ФМЗ) используют одновременно для разрушения металлических предметов, находящихся в скважине, и извлечения их на поверхность. Преимуществом магнитных фрезеров является то, что они обеспечивают предварительное офрезерование ловимых предметов. Кроме этого, фрезер типа ФМ имеет относительно простую и надёжную конструкцию. Недостатком этих фрезеров является их невысокая грузоподъёмность магнитной системы.

Пауки используют для извлечения из скважины металлических предметов: лап, шарошек, клиньев, кувалд и др. Удочки, ерши и вилки используют для извлечения из скважины тартальных канатов и каротажных кабелей. Печати служат для определения местоположения и степени нарушенности аварийного предмета, находящегося в скважине. Бывают пауки механические (ПМ) и гидромеханические (ПГ).

Механический паук можно сделать на буровой из обсадной трубы длиной 3-5 м. В нижней части трубы нарезают зубья высотой 30-50 мм. Для предупреждения преждевременного загиба зубья делают бочкообразными. Диаметр паука должен быть на 30-50 мм меньше диаметра скважины. После спуска паука в скважину на него создают нагрузку, в результате чего зубья паука сходятся по образующей конуса и металлические предметы, находящиеся на забое, вместе с частью породы заходят внутрь и остаются в пауке.

Печати используют для того, чтоб установить место и характер смятия, слома или продольного разрыва обсадных колонн; так же для того, чтобы определить местоположение и состояние труб, оборудования, разных приспособлений, лишних предметов в стволе скважины; выявить в скважине песчаные и цементные пробки, а также различные отложения на стенках обсадных колонн. Печать опускают в скважину на трубах до верхней границы аварийного инструмента и нагружают её. На оболочке печати формируется отпечаток, поэтому отпечатку можно судить о характере смятия колонны или оставленного в скважине постороннего предмета. В наше время разработан огромный ряд конструкций печатей, которые не сходны в основном формой и оболочкой печати (бывают плоские, скважинные, трубные, конусные, универсальные, гидравлические, битумные и др.).

Удочки, ерши и вилки используют для ловли и извлечения из скважины тартальных канатов и каротажных кабелей. Они имеют различное строение и изготавливаются из различных материалов. На буровой можно наварить крючки в шахматном порядке на металлический стержень либо на универсальный метчик.

Анализ аварийности на площадях и месторождениях ТПНГП показал, что аварии по видам распределяются следующим образом:

- 1) Аварии с бурильной колонной – 40 %;
- 2) Прихваты бурильного инструмента – 32 %;
- 3) Аварии с обсадными колоннами и при цементировании – 11 %;
- 4) Аварии с долотами – 7 %;
- 5) Прочие аварии и падение посторонних предметов в скважину – 6 %;
- 6) Аварии с забойными двигателями – 4 %.

Основными методами ликвидации аварий на площадях и месторождениях ТПНГП являются:

- 1) Проведение ловильных работ – 38 %, в том числе с использованием:
 - метчиков и колоколов – 88 %;
 - труболочек – 12 %.
- 2) Установление жидкостных ванн – 25 %.
- 3) Применение фрезеров – 18 %, в том числе по типу:
 - магнитных – 62 %;
 - торцевых – 38 %.
- 4) Установка цементных мостов с бурением боковых стволов – 14 %.
- 5) Применение торпед – 2 %.
- 6) Использование ударных механизмов – 2 %.
- 7) Другие методы – 1 %.

При этом эффективность ликвидации аварий составила:

- 1) Проведение ловильных работ – 56 %, в том числе метчиками и колоколами – 52 %, труболовками – 48 %;
- 2) Установка жидкостных ванн – 46 %;
- 3) Использование фрезеров – 98 %;
- 4) Установка цементных мостов с бурением бокового ствола – 98 %;
- 5) Применение торпед – 8 %;
- 6) Использование ударных механизмов – 8 %.

На основании проведенного анализа частоты использования ловильного инструмента и его эффективности на буровых предприятиях установлено, что наибольшее распространение на площадях и месторождениях ТПНПП получили метчики и колокола, т.к. имеют наиболее простую конструкцию, низкую себестоимость и большую вероятность извлечения из скважины бурильного инструмента. Основным и единственным недостатком этих инструментов является невозможность их освобождения от захваченных труб в случае необходимости (например, при прихвате), за исключением гладких метчиков и колоколов. Однако, в этом случае можно отвернуть инструмент выше или ниже зоны соединения.

Библиографический список:

1. Ангелопуло О.К. Буровые растворы [Текст]/ О.К. Ангелопуло, В.М. Подгорнов, В. Э. Аваков // Буровые растворы для осложнённых условий. – Москва, «Недра» 1988 г. – С. 25-27.

УДК 622.24.063:622.24.063.2

Модифицированный асбестовый наполнитель как материал для предотвращения поглощений бурового раствора

Горячевский А.С.

Научный руководитель – Уляшева Н.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день проблемы поглощений и снижения проницаемости призабойной зоны пласта в результате глубокого проникновения в продуктивный горизонт технологических жидкостей остаются актуальными. В условиях разработки зрелых месторождений данные проблемы встанут более остро в связи с некомпенсированным отбором пластового флюида на объектах разработки. В данной работе представлены исследования по кольматации проницаемых пород системами на основе хризотил-асбеста для предотвращения поглощений буровых растворов различной интенсивности и сохранению фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта.

На различных этапах развития технологии бурения нефтяных и газовых скважин, начиная с 50-годов, для обработки буровых и тампонажных растворов в осложнённых условиях использовали хризотил-асбест. В частности, он мог применяться как вспомогательная структурирующая добавка к минерализованным растворам и в качестве армирующего материала в тампонажных жидкостях. В некоторых случаях и как твёрдый эмульгатор гидрофобных эмульсий. Именно с этой целью его выпускают в настоящее время для буровых предприятий зарубежные фирмы [1].

Что же из себя представляет хризотил асбест? Это - водный силикат магния. Эмпирическая формула - $3\text{MgO}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Н.В. Белов (1956) отмечал, что хризотил-асбест имеет такую же атомную структуру, как и коалинит, но в асбесте ионы Al замещены ионами Mg, имеющего почти в 1,5 раза больший радиус, причем последний несколько «расталкивает» гидроксилы в основаниях магниевых октаэдров (наружных) по сравнению с укладкой атомов O_2 в основаниях кремнийтетраэдров (также наружных). Утверждения Белова хорошо видны на схеме Уолтона (рисунок 1).

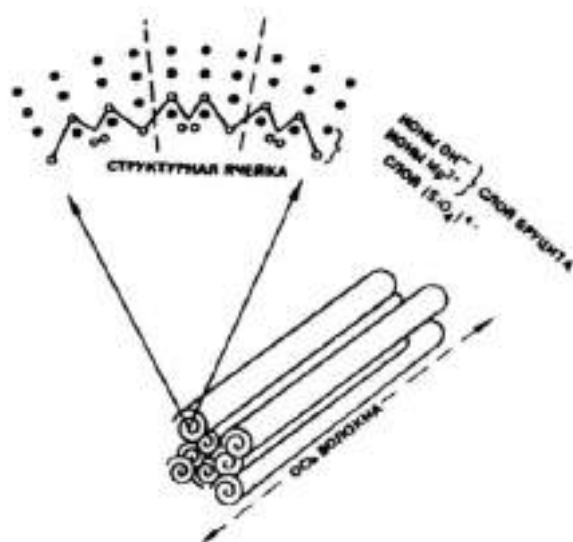


Рисунок 1 - Структура хризотилевых волокон (Уолтон, 1982)

Вследствие такого строения происходит изгиб - закручивание слоев. В большинстве случаев закручивание бывает полное, образуются своеобразные трубки, каждая из которых состоит из 9 пакетов. Поскольку рост хризотилового волокна вдоль трубки не ограничен, получается волокно, имеющее длину, во много раз превышающую толщину трубки [2].

Рядом специалистов доказана высокая эффективность асбестосодержащих растворов при вскрытии продуктивных пластов и бурении в зонах поглощения. По данным ВНИИБТ, полученным в конце 60-х годов, только длинноволокнистый асбест является эффективным структурообразователем, но он увеличивает потери в гидравлических двигателях, вплоть до полной их остановки, делает невозможным очистку виброситом, увеличивает расход понизителей фильтрации.

Хризотил-асбест в отличие от амфиболовых асбестов весьма щелочеустойчив и сравнительно легко растворяется не только в сильных (например, в соляной), но и в слабых (уксусная) кислотах (таблица 1).

Таблица 1. Растворимость асбестовых минералов

Минерал	Потеря веса в % после обработки (с кипячением) в течение 2-х часов 25%-ными растворами				
	HCl	CH ₃ COOH	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	NaOH
Хризотил	56,7	23,4	55,2	55,8	1,0
Актинолит	20,3	12,3	20,2	20,4	9,3
Тремолит	4,8	2,0	5,0	4,6	1,8
Крокидолит	4,4	0,9	4,4	3,7	1,4
Амозит	12,8	2,6	11,7	11,4	7,0
Антофиллит	2,7	0,6	3,2	2,7	1,2

Асбест проявляет большую инертность по отношению к компонентам буровых растворов и удерживается в них за счёт «самозагущевания». При разжижении системы под влиянием внешних факторов асбест может выпасть в осадок. [2]

Главными причинами, которые сдерживали применение асбеста при бурении скважин являлись:

- малая изученность этого минерала с позиции физикохимии буровых и тампонажных композиций;
- отсутствие технологии применения асбеста в товарном виде для обработки бурового раствора;

Исходя из вышесказанного и учитывая положительные свойства, особенно для предупреждения поглощений буровых растворов различной интенсивности, считаем целесообразно провести ряд дополнительных исследований по возможности использования

хризотил-асбеста, например, в качестве кольматанта для борьбы с поглощениями и сохранения фильтрационно-емкостных (ФЕС) свойств пласта.

Гипотеза: создание непроницаемой внутрипоровой корки за счёт адгезионного сцепления модифицированного асбеста между волокнами и фильтрационными каналами.

Для анализа возможности решения данной проблемы использованы материалы бурения сверхглубоких скважин Колва №1 и Тимано-Печорская №1 (Т-П №1) (таблица 2-4). В качестве базовой системы применялся полимер-глинистый раствор следующего состава:

- Глинопорошок 5%
- Поташ 0.1%
- Хлорид калия 0.3%
- Гипан 1.5%
- Тилоза CHR-100м-т 0.3%

Таблица 2 - Характеристики бурового раствора со скважины Колва №1

УВ, с	ρ , г/см ³	ϕ , см ³ /30 мин	k	pH	η , дПа*с	τ_0 , дПа	C_k	$Q_{1/10}$, дПа
65	1.03	9.5	1	9.5	31	102	4.7	10/20

Перед вскрытием поглощающего горизонта буровой раствор был обработан 5%-ми кислой-активированной затравкой (КАЗ) следующего состава:

- Al₂(SO₄)₃ 4%
- Асбест 10%

Технологические свойства бурового раствора после введения КАЗ приведены в таблице 3 и 4.

Таблица 3 - Характеристики бурового раствора +5% КАЗ скважины Колва №1

УВ, с	ρ , г/см ³	ϕ , см ³ /30 мин	k	pH	η , дПа*с	τ_0 , дПа	C_k	$Q_{1/10}$, дПа
50	1.04	12	1	7	26	69	-	16/62

Таблица 4 - Характеристики бурового раствора + 2-4% КАЗ (скважина Т-П №1)

Наименование пробы р-ра	ρ , г/см ³	УВ, с	ϕ/k , мм	η , дПа*с	τ_0 , дПа	СНС, дПа	Примечание
Исходный р-р	1,62	60	5,5/0,5	30	114	102/125	28.11.88 г
+2% р-ра с КАЗ	1,64	60	6	23	168	122/158	29.11.88 г
+4% р-ра с КАЗ	1,64	50	7	26	102	72/132	Р-р с бур. №1 - Колва

В результате применения бурового раствора + КАЗ удалось пройти «рифовые отложения» без осложнений и аварий, в том числе без поглощений бурового раствора.

Исходя из практического опыта можно судить о высокой эффективности хризотил-асбеста в формировании изолирующего слоя на поверхности стенок скважины.

Для наиболее эффективного использования асбеста для наших целей его необходимо распушить, то есть модифицировать. Распушивание может быть механическим и химическим. Механический способ используется для получения асбестовой крошки, например, асбест хризотилковый марки А-6-К 30 (ГОСТ 12871-93), размер волокон которого составляет 1.35-0.4 мм и менее. Для достижения более мелкой фракции волокна необходимо использовать химический способ. Этот материал хорошо «распушивается» в кислой или сильно щелочной среде. Причем в кислой более эффективно, поэтому было решено остановиться на этом варианте. Для

исследований была приготовлена кислая-активированная затравка (КАЗ) (рисунок 2) следующего состава:

- Асбест 10%
- Сульфат магния 4%



Рисунок 2 – Асбестовая крошка - не модифицированный асбест, КАЗ – модифицированный асбест (слева направо)

С целью дальнейшего изучения влияния формирования низкопроницаемой внутривязной корки, были произведены лабораторные исследования по взаимодействию КАЗ с глинопесчаными образцами.

Глинопесчаные образцы (таблетки) получали путём прессования глинопорошка и кварцевого песка в соотношении 8:2 на компакторе производства OFITE (рисунок 3).

Затем таблетки помещались в цилиндры тестера продольного набухания производства OFITE (рисунок 3), заполненные испытуемой жидкостью, состав которой представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Концентрация хим. реагентов и материалов

Материалы и химические реагенты	Кальцинированная сода	Глино-порошок	КАЗ	ПАВ	РАС LV	ЕСО LUB
Концентрация, %	0,3	4,3	3	0,17	0,2	0,17



Рисунок 3 - Тестер продольного набухания производства OFITE, компактор производства OFITE, глинопесчаные образцы (слева направо)

Результаты исследований представлены на рисунке 4. При добавлении в глинистую суспензию ПАВ или смазки на основе минерального масла (ЕСО LUB) без добавления асбеста

резко повышается набухание глины. Это связано с гидрофобизацией поверхности таблетки из-за чего свободная вода фильтруется во внутреннюю часть образца. При этом в изменении объёма участвует большее количество частиц глинистого материала. При добавлении только модифицированного асбеста так же наблюдается повышенное набухание, но связано это не столько с гидрофобизацией, сколько с подкисленной средой, которая входит в состав КАЗ и соответственно приводит к частичной коагуляции глинистой суспензии. Из-за кислой среды общий рН раствора уменьшается, что приводит в свою очередь к улучшению ФЕС поверхности образца и свободной воде легче проникнуть вглубь таблетки.

Наименьшее набухание зафиксировано при сочетании КАЗ и PAC LV. Обусловлено это тем, что полимер адсорбируется на поверхности образца и препятствует прохождению свободной воды, а также помогает адсорбироваться асбесту, который в свою очередь формирует низкопроницаемую внутривязкую корку. Это хорошо заметно если взглянуть на реакцию глинистой суспензии без хризотил-асбеста (Глинистая суспензия + PAC LV), т.к. набухание заметно выше.

В сочетании смазывающих добавок (Глинистая суспензия + КАЗ + ECO LUB) и ПАВ (Глинистая суспензия + КАЗ + ПАВ) с асбестом наблюдается существенное понижение набухания. ECO LUB и ПАВ адсорбируются на поверхности глинопесчаного образца и создают гидрофобный граничный слой, в свою очередь помогая КАЗ равномерно распределиться и закольматировать поверхность тонким слоем.

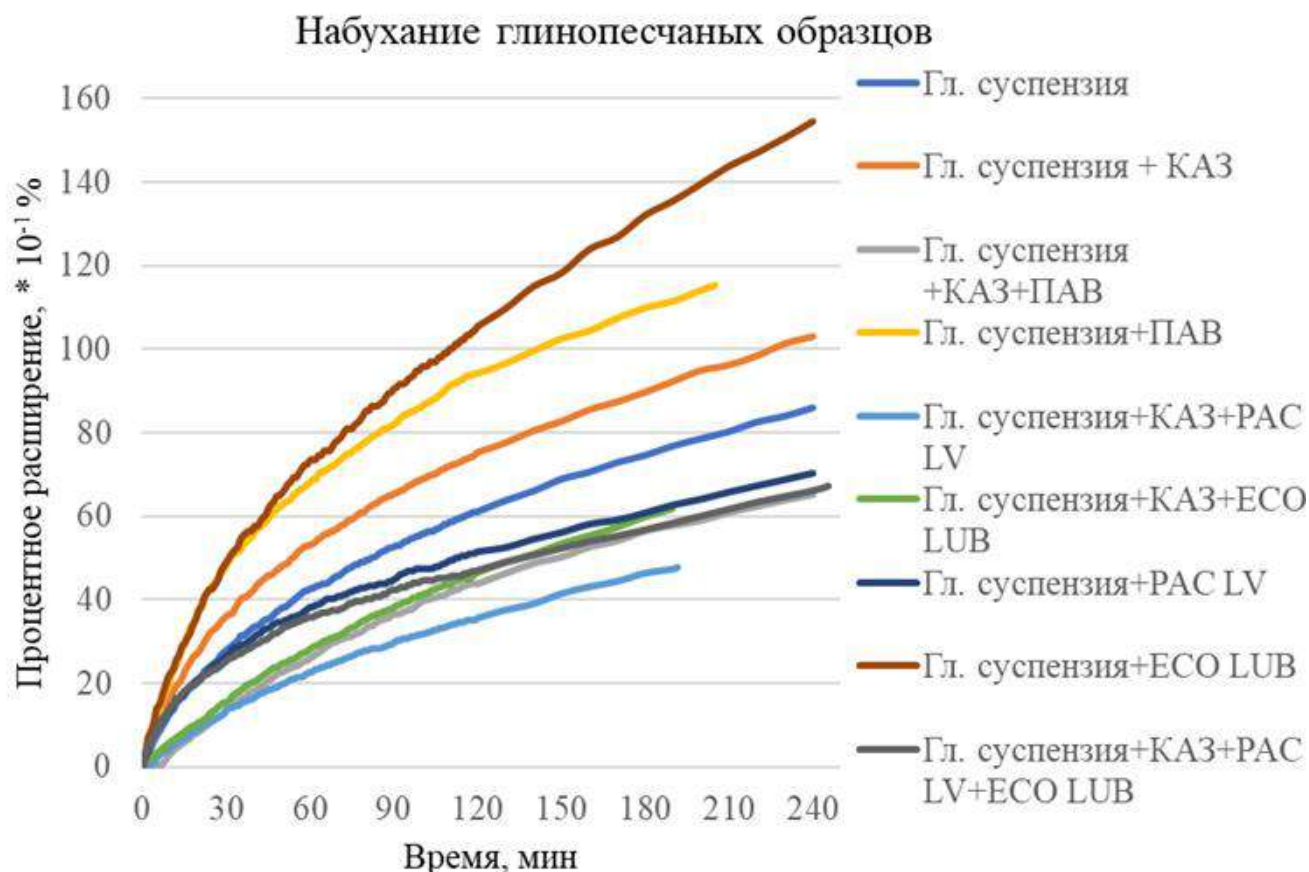


Рисунок 4 – График набухания глинопесчаных образцов

Следующим этапом эксперимента было исследование влияния составов буровых растворов на формирование фильтрационной корки. В качестве установки для опыта использовался фильтропресс высокого давления фирмы OFITE и керамические диски высокой проницаемости той же фирмы (рисунок 5).



Рисунок 5 – фильтропресс высокого давления, керамические диски высокой проницаемости (слева направо)

В фильтропресс помещался диск высокой проницаемости со средним размером диаметра пор в 60 микрон по воздуху, затем заливалась испытуемая жидкость объёмом 160 мл. Цилиндр сверху герметизировался крышкой с клапаном, через него подавался воздух под давлением в 10 бар в течение 30 минут.

Раствор стремился выйти в зону пониженного давления через нижний клапан и диск, одновременно его коагулируя используемыми материалами и химическими реагентами в составе испытуемой жидкости, состав которой представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Концентрация хим. реагентов и материалов

Материалы и химические реагенты	Кальцинированная сода	Глино-порошок	КАЗ	РАС LV	Xanthan Petroel (биополимер)	Flo-trol (крахмальный реагент)
Концентрация, %	0,3	8,6	3	0,2	0,15	0,2

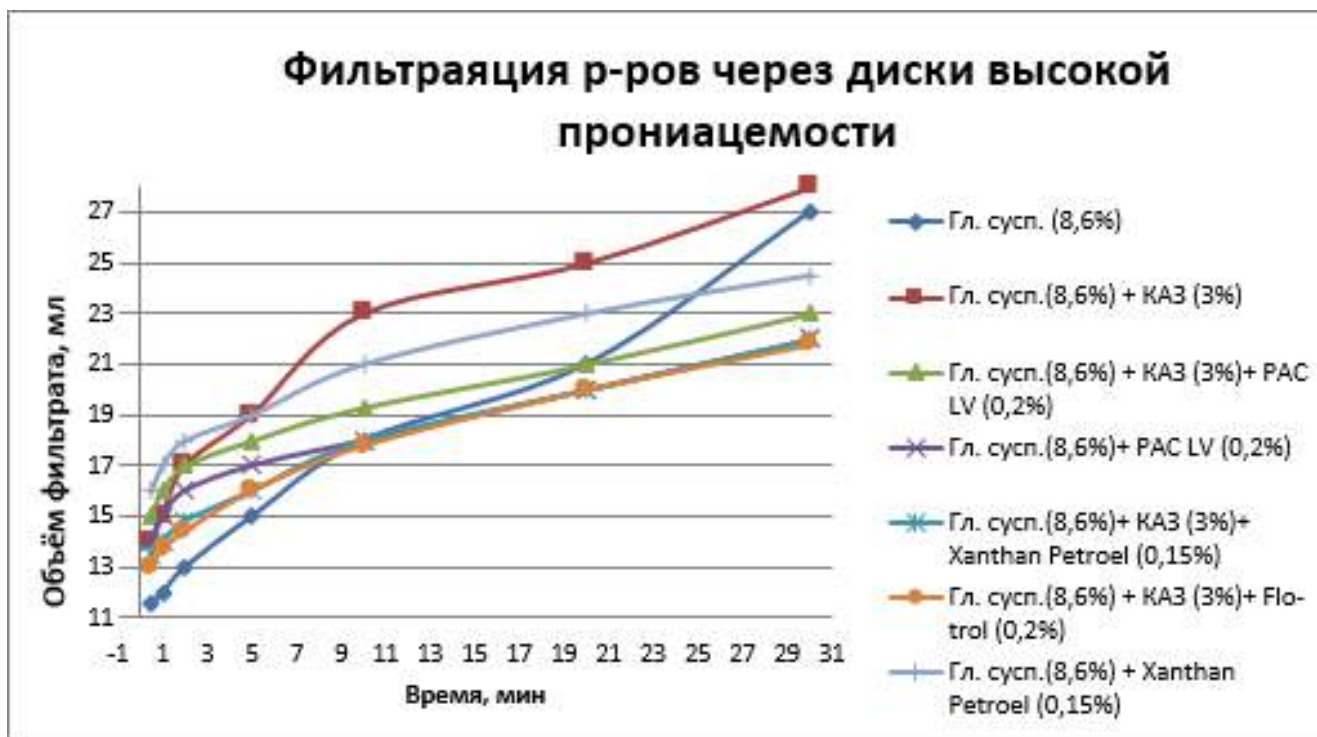


Рисунок 6 – График фильтрации испытуемых растворов

Результаты исследований представлены на рисунке 6 и 7. Повышенная фильтрация при сочетании глинистой суспензии и КАЗ объясняется подкисленной средой сульфата магния, что в свою очередь способствует образованию большего количества свободной воды. Лучшие показатели получились при сочетании глинистой суспензии, КАЗ, + Pac LV/Xanthan Petroel/Flo-trol. Благодаря сочетанию модифицированного асбеста с этими реагентами формируется низкопроницаемая внутриворонная корка, которая препятствует проникновению раствора и фильтрата через фильтрационный диск. Эффективность использования модифицированного асбеста так же подтверждается при сравнении испытаний глинистой суспензии+КАЗ+ Xanthan Petroel и глинистой суспензии+ Xanthan Petroel, где отсутствие затравки приводит к увеличению фильтрации.

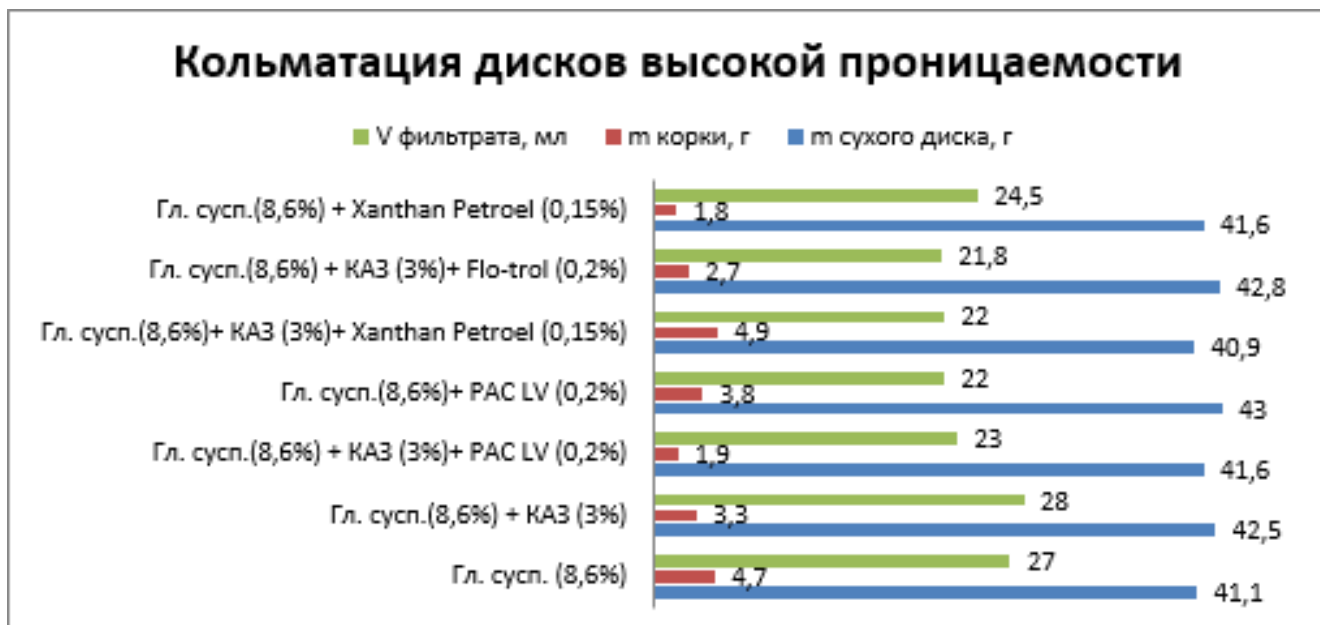


Рисунок 7 – Диаграмма кольматации фильтрационных дисков

На рисунке 7 представлен анализ формирования фильтрационной корки при различных испытываемых жидкостях. Высокую массу корки при глинистой суспензии можно объяснить низкой стабильностью раствора, когда частицы глины осаждаются беспрепятственно. В то же время наибольшая масса корки при наличии в глинистой суспензии модифицированного асбеста и Xanthan Petroel обуславливается высокой адгезией реагентов.

По результатам исследований можно сделать выводы:

- Перспективность использования модифицированного асбеста в сочетании с биополимерами, крахмальными реагентами, полианионной целлюлозой, эмульсиями и ПАВ;
- Использование модифицированного асбеста позволяет сформировать низкопроницаемую внутриворонную корку, что может в дальнейшем использоваться для борьбы с поглощениями, а так же для сохранения коллекторских свойств пласта;

Библиографический список:

1. Ангелопуло О.К. Асбест в буровых растворах [Текст]/ О.К. Ангелопуло, В.М. Подгорнов, В. Э. Аваков // Буровые растворы для осложнённых условий. – Москва, «Недра» 1988 г. – С. 25-27.
2. Янин Е.П. Асбест в окружающей среде. (Введение в экологическое асбестоведение). - М.: ИМГРЭ, 1997 г.- 176 с.

Оценка применимости роторно-управляемых систем бурения в условиях шельфа

Артемьев С.С.

Научный руководитель – Савельев Д.Ю.

*Индустриальный институт Ухтинского государственного технического университета,
г. Ухта, Россия*

В работе рассматривается роторно-управляемая система бурения (по типу РУС-ГМ-195), работающая по принципу «Push-the-bit». Принцип действия заключается в отклонении долота «Push-the-bit», которое создаёт давление на боковую поверхность долота в направлении, противоположном действию отклонения.

Целью научной работы является рассмотрение и актуальность применимости данной системы в арктических условиях. Задачи исследования:

- Рассмотрение принципа работы и область применения роторно-управляемых систем.
- Определить применимость РУС-ГМ-195 в условиях шельфа России.
- Рассмотрение доработки данной технологии.
- Определить применимость технологии РУС-ГМ-195 в условиях шельфа России
- Рассмотреть доработки данной технологии для использования в будущем.

За последние десятилетия отходы скважины от вертикали растут с целью повышения нефтеотдачи продуктивных залежей. И основная причина, почему бурение не продолжается – осевая нагрузка попросту не доходит до забоя скважины из-за сил трения, возникающих в сложном профиле скважины.

Сегодня российские рынки слабо обеспечены современными технологиями разведки и бурения длинных горизонтальных скважин и эксплуатации трудноизвлекаемых запасов.

Большинство используемых на данный момент в России РУС характеризуются высокими затратами, так как произведены исключительно зарубежными компаниями, и наряду с импортом возрастает и стоимость обслуживания, обеспечивающего скважинные работы с применением РУС.

Так, РУС «Auto Trak» производства компании «Baker Hughes» имеет электрогидравлический принцип работы, это значит, что энергия бурового раствора достигает забоя скважины, преобразуя энергию в электрическую при помощи турбогенератора.

В октябре 2020 г. предприятие «БУРИНТЕХ» анонсировало заключительное испытание над новой разработкой РУС-ГМ-195 (рисунок 1) типа «Push-the-bit» на Южно-Приобском месторождении «Газпромнефти». По мнению автора, внедрение и доработка РУС-ГМ-195 позволит значительно улучшить ситуацию в области добычи ТИЗ.



Рисунок 1 – Общая схема РУС-ГМ

РУС-ГМ-195 имеет гидромеханический принцип работы, и из-за несовершенства конструкции есть высокая вероятность отказа оборудования (рисунок 2). При отказе производится незапланированные работы по замене оборудования, что сказывается на скорости бурения и на излишних эксплуатационных затратах.

Первые испытания РУС-ГМ-195 проводились 26-29 января 2016 г. В октябре 2020 г. на Южно-Приобском месторождении прошли заключительные испытания.

При испытании РУС-ГМ-195 отмечены следующие положительные моменты:

- успешно пройден тест перед спуском в скважину;
- обеспечен выход на плановый режим бурения;
- имеется связь с телеметрией, обеспечивающая возможность наблюдать за работой оборудования.



Рисунок 2 – Расположение плашек в блоке отклонения

При этом выявлены следующие недостатки:

- конструкция не обеспечивает стабилизацию невращающейся части прибора в открытом стволе, что привело к невозможности управления траекторией;
- набор кривизны осуществляется спорадически: со стабильным положением отклонителя пробурено 6 из 135 м проходки в режиме направленного бурения с интенсивностью $0,16^\circ/1$ м;
- индикация режимов работы РУС слабая или отсутствует даже при наличии связи с телеметрией;
- невозможно определить способность принимать команды по переключению режимов работы.

Доработка РУС-ГМ-195 возможна в следующих направлениях:

1) Доработка концепции «Point-the bit» (рисунок 3), а именно:

- переработка механизма индикации режима работы для увеличения перепада давления;
- улучшение сцепления невращающейся части РУС со стенкой скважины;
- сокращение длины конструкции и слепой зоны.

2) Переход на концепцию «Push-the-bit» (рисунок 4), а именно:

- улучшение надёжности конструкции;
- ежегодное обслуживание технологии;
- усиление внутренних частей.

Долота серии «Point-the-bit» обеспечивает стабильное бурение без потери управляемости и бурения с низкими уровнями крутильных нагрузок в интервалах изменения горных пород.

Долота серии «Push-the-bit» позволяет эффективно бурить скважины с горизонтальным окончанием большой протяжённости и сложным профилем. Они оптимизированы под специальное бурение с высокими механическими скоростями прохода и разрабатываются индивидуально.

Область реализации РУС-ГМ-195:

- морские, арктические проекты;
- бурение многоствольных и горизонтальных скважин с экстремально большим отходом от вертикали;
- вскрытие сложных пластов и пластов с нетрадиционными запасами.

Площадкой для внедрения и применения РУС может стать проект «Сахалин-1», находящийся на востоке России в Сахалинской области. Внедрение РУС-ГМ-195 при бурении на группе месторождений «Сахалин-1» позволит проектировать скважины с ранее недоступными траекториями ствола. Это позволит вести более эффективную разработку и извлекать

трудноизвлекаемое сырье как с платформы, так и с берега. Запасы месторождения насчитывается более 279 млн т нефтяного эквивалента. А ежегодная добыча равна 0,9 млн т нефти и конденсата.

- Point-the-bit (смещение оси вращения долота)



Рисунок 3 – Концепция «Point-the-bit»

- Push-the-bit (приложение к долоту боковой силы)

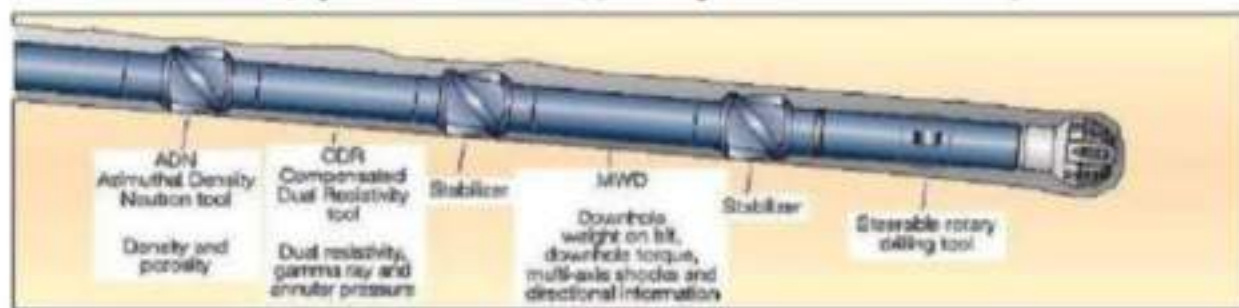


Рисунок 4 – Концепция «Push-the-bit»

Заключение

На данный момент самый значимый недостаток РУС-ГМ-195 – дороговизна оборудования. Стоимость РУС-ГМ-195 составляет больше 200 млн руб., в то время как «наземный» аналог, УРБ-40, стоит 25 млн руб., то есть в 8 раз дешевле. По мнению автора, тиражирование технологии позволит значительно снизить стоимость оборудования и улучшить экономическую рентабельность проекта строительства скважин с применением отечественных РУС.

Библиографический список:

1. «Первые результаты испытаний роторно-управляемых систем российского производства»: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ntc.gazprom-neft.ru/research-and-development/proneft/776/13452/>.
2. «Прорывная российская технология в нефтегазе отодвигает США на второй план уже с 2021 года»: LIVEJOURNAL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matveychev-oleg.livejournal.com/11154725.html>.
3. «На Южно-Приобском месторождении Газпром нефти испытана российская роторно-управляемая система»: Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – <https://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/654605-na-yuzhno-priobskom-mestorozhdenii-gazprom-nefti-ispytana-rossiyskaya-rotorno-upravlyаемaya-sistema/>.

Анализ новейших способов повышения эффективности наклонно-направленного бурения нефтегазовых скважин

Кушнер Л.Е.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Наклонно-направленное бурение – самый эффективный способ повышения нефтеотдачи пластов, а также рентабельности скважин. К сожалению, данная технология несёт в себе ряд проблем, решение которых зачастую является трудоёмким. На рынке появляется всё больше новых решений, способных положительно повлиять на данные проблемы.

Целью данного исследования является анализ новейших разработок в области наклонно-направленного бурения с технологической точки зрения. Для решения данной проблемы выполним ряд задач:

- рассмотреть наиболее эффективные технологии;
- проанализировать проблемы, возникающие при теоретическом введении данных технологий;
- сделать выводы, являются ли представленные разработки целесообразными и эффективными.

Новейшей разработкой в исследуемой области является моторизованная роторно-управляемая система (рисунок 1). Сравнивая РУС и ВЗД, можем утверждать, что РУС эффективнее по всем параметрам кроме одного, – момента вращения, и, соответственно, скорости проходки. В связи с этим, инженеры пришли к выводу, что следует совместить эти два способа бурения и взять лучшее как с одного способа, так и с другого.

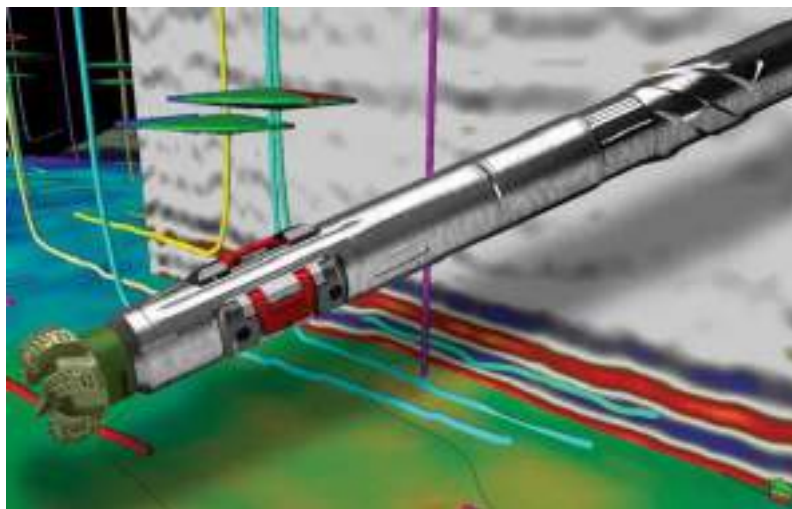


Рисунок 1 – Моторизованная роторная управляемая система Power Drive vortex Schlumberger

В связи с этим, в моторизованных РУС силовая часть (ВЗД), размещается в КНБК и обеспечивает дополнительные обороты и крутящий момент. Этот тип РУС может быть очень перспективным для бурения в регионах с особо твердыми горными породами, которые нередко встречаются в разрезе Восточной Сибири. Технология моторизованного РУС использовалась для выполнения разных производственных задач, требующих применения качественного и моментомёмого оборудования.

На сегодняшний момент в зарубежной практике моторизованные РУС находят все большее применение. Они используются в проектах с особо твердыми породами, где возникает потребность в большей скорости механической проходки с минимальным количеством «рейсов» (спускоподъёмных операций). На рынке сервисных компаний на сегодняшний момент моторизованные РУС предлагают такие компании как: Schlumberger, модель – PowerDrive vortex RSS, Baker Hughes, модель – AutoTrak X-treme RSS; Halliburton, модель – Geo-Pilot RSS. Одним из перспективных направлений дальнейших исследований является разработка обоснования алгоритма выбора роторной управляемой системы для использования в заданных

горно-геологических и технико-технологических условиях бурения. Кроме того, актуальным направлением является разработка методики проектирования моторизованных РУС, которая будет учитывать особенности блока искривления и параметры работы силовой секции [1].

Не смотря на все перспективы активного применения моторизованных РУС необходимо учитывать, что перспективы этого технико-технологического решения еще не до конца изучены и требуют более широкой апробации при различных условиях бурения. Одним из интересных направлений для развития моторизованных РУС является работа над обеспечением высоких интенсивностей искривления, в том числе при бурении в верхних интервалах разреза.

Следующей важнейшей разработкой является бурение с помощью колтюбинга (рисунок 2). Колтюбинг – технология гибких цельных труб, находящихся в скважине для различных испытаний, повышения проницаемости пласта, повышения коэффициента извлечения нефти и т.д.

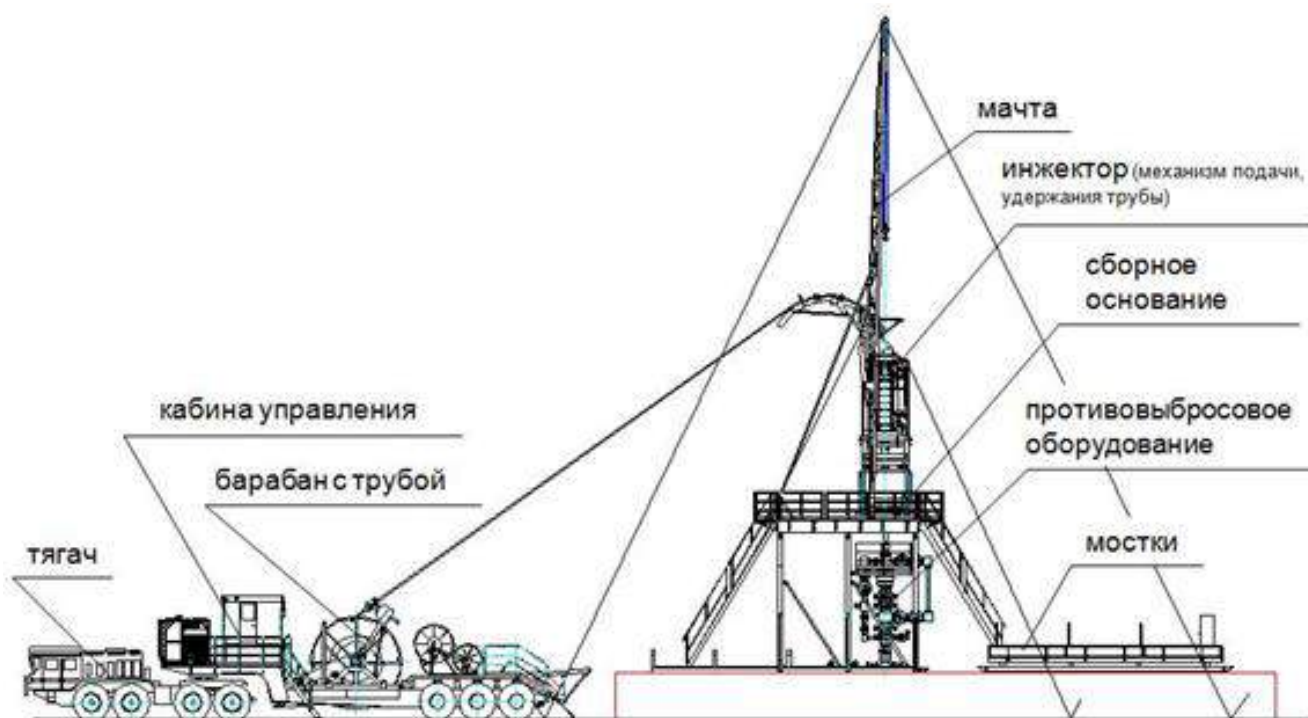


Рисунок 2 – Общий вид колтюбинговой установки

Использование гибких насосно-компрессорных труб для бурения несёт множество положительных моментов:

- Лучший контроль за забойным давлением (буровой насос работает без перерывов на СПО).
- Возможность контролируемого бурения не депрессии.
- Непрерывное использование телеметрии и кабелей [3, 4].

Ранее эта технология не имела развития, поскольку было невозможно вращать ротор и передавать момент на забой. На сегодняшний день, с появлением ВЗД, появляется возможность использования колтюбинга в бурении [2].

Использование гибких бурильных труб нецелесообразно по ряду причин. Самыми весомыми из них является неспособность воспринимать нагрузку от вращения ВЗД. В том числе, под действием абразивных частиц они могут быстро истираться. Также под действием высокой нагрузки в горизонтально-направленном стволе гибкие трубы не способны сохранять угол набора или стабилизации. Для этого требуются УБТ и ТБТ. При их использовании мы будем терять все положительные свойства гибких бурильных труб.

Самой новой разработкой, не нашедшей раскрытия в отечественной научной литературе, является Wired pipe line (рисунок 3) [5]. Дословный перевод – «проводная бурильная труба». Её

главным преимуществом является наличие провода, способного передать сигнал, расположенный в КНБК с забоя на устье скважины.

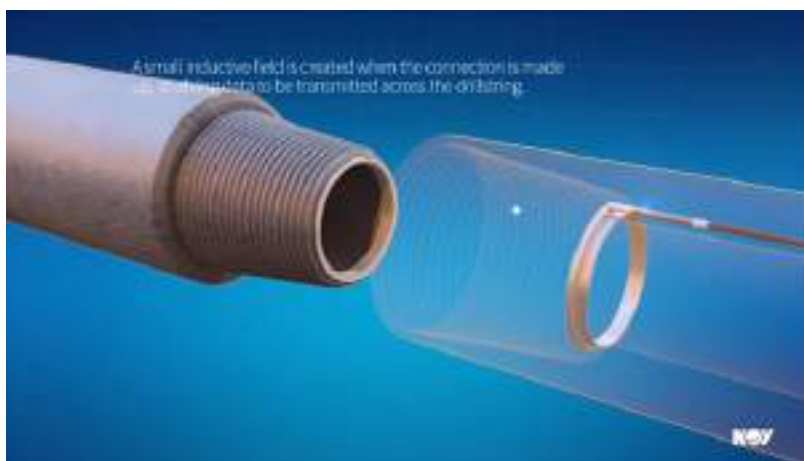


Рисунок 3 – Пример расположения провода в бурильной трубе (NOV company)

Телеметрический сигнал играет важнейшую роль в наклонно-направленном бурении. Важнейшей проблемой уже много лет является его передача с забоя скважины на устье. Существует большое количество дорогостоящих разработок, в которых используется магнитный или акустический сигнал. К сожалению, эти сигналы могут не передаваться из-за множества проблем. Для магнитного сигнала помехи вызывают:

- стальная бурильная колонна;
- обсадная колонна предыдущей секции;
- металл, оставленный в скважине;
- породы, обладающие магнитными свойствами (пирит);
- солнечная активность.

Для создания акустического сигнала требуются специальные приборы (MWD). Для качественной передачи информации на устье используют модуляторы, зазор которых требуется постоянно контролировать и подбирать, чтобы не было помех. На зазор модулятора влияет:

- расход бурового раствора;
- глубина;
- кальматирующие пакки бурового раствора;
- тип бурового раствора;
- твёрдая фаза в буровом растворе.

Также провод, располагающийся в бурильных трубах, может передавать сигнал с устья на забой.

Для роторно-управляемых систем крайне важно правильно анализировать сигнал с земной поверхности. Ранее РУС получал сигнал только во время промывки от расхода бурового раствора. Этот прибор анализировал эти данные и на их основе выбирал степень набора угла в процессе бурения. С помощью данной разработки есть возможность получать сигнал во время бурения и сразу получать данные о ситуации на забое.

С помощью «проводной» бурильной трубы можно непрерывно получать данные о давлении на забое. Это может позволить бурить скважины на депрессии. В следствии чего, повысится механическая скорость бурения, коэффициент извлечения углеводородов и безопасность.

Главной проблемой этой разработки является её дороговизна. В связи с этим, появляются задачи:

- расчёта стоимости разработки и введения в эксплуатацию проводных бурильных труб;
- сравнения нынешней стоимости телеметрии и РУС с возможной их стоимостью при введении данной разработки;

В статье рассмотрены три технологии, имеющие значение в повышении рентабельности горизонтально- и наклонно-направленного бурения.

Моторизированные РУС являются выгодной разработкой. Для их введения в отечественное производство требуется алгоритм для их выбора, а также методики проектирования моторизированных РУС, которая будет учитывать особенности блока искривления и параметры работы силовой секции.

Гибкие бурильные трубы не имеют основ для дальнейшего использования в горизонтально-направленном бурении скважин на нефть и газ. Как показало время, использование гибких труб нецелесообразно, неэффективно и ненадёжно. Все преимущества этой разработки несравнимы с недостатками.

Проводные бурильные трубы имеют ряд технологических преимуществ. Эта разработка может помочь ускорить процесс бурения, увеличить количество добываемых углеводородов, увеличить безопасность строительства скважин и изменить подход к развитию телеметрии. Хотя она и имеет ряд экономических трудностей, нельзя назвать появление этой разработки неэффективным.

Библиографический список:

1. Жиронкин В. С. Анализ перспектив применения моторизированных РУС для строительства нефтяных и газовых скважин / В. С. Жиронкин, А. В. Епихин ; науч. Рук. А. В. Епихин // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – [с. 345-346]
2. Колтюбинг. Бурение с использованием гибких труб на депрессии // <https://first-drilling.com.ua> URL: <https://first-drilling.com.ua/2010/03/koltyubing-burenie-s-ispolzovaniem-gibkih-trub-na-depressii> (дата обращения: 25.03.2022).
3. Coiled tubing drilling // <https://petrowiki.spe.org/> URL: https://petrowiki.spe.org/Coiled_tubing_drilling (дата обращения: 25.03.2022).
4. Horizontal Re-entry Drilling With Coiled Tubing: A Viable Technology // onepetro.org URL: <https://onepetro.org/JCPT/article-abstract/doi/10.2118/99-10-02/182263/Horizontal-Re-entry-Drilling-With-Coiled-Tubing-A?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 25.03.2022).
5. Wired Drill Pipe Supply Channels // <http://youtube.com/> URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3Mlh0KyphPs> (дата обращения: 25.03.2022).

УДК 624.13:624.15

Самоупрочняющиеся полимерные криогели с техническим углеродом в качестве нерастворимого наполнителя и их применение на объектах обустройства нефтяных и газовых месторождений

Павловский В.Г.

Ухтинский технический лицей им. Г.В. Рассохина, г. Ухта, Россия

В настоящее время в России имеется опыт использования криогелей. Так, уже в нескольких регионах страны успешно апробирована технология защиты плодородного слоя почвы, а также укрепления откосов с их использованием. Есть и прочие примеры, однако отмечу, что закрепление подвижных грунтов считается наиболее перспективным направлением использования криогелей.

Сегодня продолжают исследования по адаптации опыта использования криогелей для разных отраслей. Имеются предложения использовать криогели в околотрубном пространстве или в виде пространственной решетки в качестве средства инженерной защиты на участках развития опасных процессов (нагнетание криогеля в грунт основания дна траншеи с двух сторон через наклонно пробуренные скважины). Томскими учеными активно разрабатываются новые

составы введением в исходный полимерный раствор различных добавок (например, глицерина). Ими проводились и исследования с использованием твердых частиц – кварцевого песка, цемента и прочего, что значительно повышало жесткость криогелей. Именно их исследования, а также наличие в регионе уникального производства - СГПЗ, натолкнули нас на тему по использованию в качестве наполнителя криогеля сосногорской сажи. В связи с чем были сформулированы цель - создание материала нового состава и свойств использованием технического углерода в качестве нерастворимого наполнителя криогеля - и задачи:

- 1) Проведение обзора опыта использования криогелей;
- 2) Разработка новых составов криогелей с техническим углеродом в качестве нерастворимого наполнителя;
- 3) Проведение исследований на гидро- и липофобность;
- 4) Поиск направлений использования материала нового состава и свойств, в том числе на объектах обустройства нефтегазовых месторождений.

Для проведения серии опытов нами были произведены поиск поставщиков необходимых реактивов и их заказ. Заказ произведен с запасом, из расчета на более сотни образцов криогеля для будущих исследований.

Таблица 1. Заказ веществ для создания образцов

Реактивы для опыта	Единица измерений	Цена единицы измерений вещества	Требуемое количество вещества	Стоимость требуемого количества	Условия доставки и заказа	Сайт
Поливиниловый спирт	кг	700 руб.	10	7000 руб.	Бесплатная доставка + скидка 15%	https://himreactiv.ru/
Борная кислота	кг	485 руб.	3	1455 руб.		
Поливиниловый спирт	кг	Договорная	10	5300 руб.	Бесплатная доставка от 10 до 45 дней	https://www.himicheskajaprodukcija.ru/
Борная кислота	кг	от 250 руб.	3	1000-1500 руб.		
Поливиниловый спирт	кг	703 руб.	10	7030 руб.	Доставка 700 руб.	https://lenreactiv-shop.ru/checkout/
Борная кислота	кг	250 руб.	3	750 руб.		

Пропорции участвующих в реакции веществ были нами взяты из опыта томских исследований криогеля с использованием твердых частиц в качестве его основания. Из расчета на 100 гр. криогеля: 80,6 г. H₂O+1 г. H₃ВОЗ+5 г. (C₂H₄O)_x+13,4 г. С.

Для создания образцов использовалась сажа различных марок СГПЗ. «Криогенная» обработка полученных размешиванием гидрогелей происходила в криостате. Таким образом были созданы экспериментальные образцы криогеля, в качестве наполнителя которого выступал техуглерод. Ожидаемо (из опыта томских исследователей), уже после однократного цикла заморозки-оттаивания образцы переходили в упругое состояние (Увеличение же числа циклов, повышает механические свойства криогеля: увеличивается прочность и упругость). С полученными образцами была проведена серия опытов на гидро- и липофобность. Конусы криогеля помещались в посуду и наполнялись водой, нефтью, газоконденсатом и бензином (конусы накрывались во избежание испарения жидкостей).

Опыты показали непроникновение криогелем воды и органических жидкостей. Необходимо отметить, что образцы, если их оставить на время, теряя воду, переходили в твердое неупругое состояние и при попадании во влажную среду поглощали воду массой примерно в 6 раз превышающую массу образца, возвращая эластичность и упругость. Но при этом оставаясь непроницаем для жидкостей. Эффект ожидаемый, почти также и глина при намокании сильно разбухает и глинистый грунт практически теряет фильтрационную способность, поэтому ее тоже используют для гидроизоляции дна каналов и водохранилищ. Таким образом, если в криогеле нет больших трещин или мелких (несколько мкм) заполненных воздухом пор, по которым могла

бы перемещаться (соответственно, гравитационная или капиллярная влага), то он будет являться водонепроницаемым.



Рисунок 1. Создание образцов криогеля с техуглеродом



Рисунок 2. Испытания на гидрофобность и липофобность

Конечно, исследования необходимо продолжать для более детальной оценки свойств полученного материала. Провести испытания на эластичность при изгибе, прочность при ударе, стойкость к износу и истиранию, стойкость к воздействию растворов, теплостойкость, упругость, температуру плавления (у обычного криогеля она около +70, в грунте таких не бывает, поэтому криогель «не растает») и пр. В настоящее время ведутся переговоры об условиях проведения исследований над полученными образцами криогеля в испытательной лаборатории строительных материалов и грунтов ООО «Северо-Запад изыскания». Также предстоит поработать над созданием и испытанием грунтовых оснований, скрепленных криогелем нового состава.

Однако, придание криогелям гидрофобности, а также учет того, что составы с прочими твердыми мелкодисперсными наполнителями у томских исследователей показывали высокую упругость и хорошую адгезию к грунтам, свидетельствуют о перспективности применения его в качестве гидроизолирующего материала, в том числе на объектах обустройства нефтяных и

газовых месторождений, эксплуатация которых в районах криолитозоны приводит к нарушению температурного режима и проседанию грунта с образованием приустьевых воронок вследствие таяния многолетней мерзлоты.

Опыт строительства земляного полотна автомобильных дорог и оснований кустовых площадок на некондиционных грунтах нефтегазовых месторождений северных регионов вследствие заболоченности территории и колебаний среднесуточных температур показывает, что срок их службы значительно меньше нормативного. Поэтому применение скрепленных композиционными материалами грунтов видится уместным в основаниях автодорог и кустовых площадок, где скрепленный криогелем слой земполотна будет защищать слои грунта от смещений друг относительно друга, а также послужит тепло- и гидроизоляцией в ходе сезонных колебаний температур.

Наличие превосходных механических и теплоизоляционных свойств криогелей однозначно делает целесообразным их применение при обустройстве нефтяных скважин, особенно добывающих, в устье которых при охлаждении нефти, выходящей на поверхность, часто наблюдаются асфальтосмолопарафиновые отложения.

Учитывая противодиффузионные свойства материала, видится уместным его использование в качестве дополнительного барьера безопасности, например, при обустройстве различных природоохранных сооружений, в том числе предназначенных для сбора продуктов отработки буровых процессов. Использование грунта с созданным криогелем в основании и обваловке на нефтяных амбарах создаст «экран», препятствующий проникновению в почву и грунтовые воды вредных веществ.

Кроме того, криогели, содержащие техуглерод, могут быть рекомендованы для строительства противодиффузионных элементов гидротехнических сооружений.

Устойчивость криогеля к различным воздействиям окружающей среды: воде, микроорганизмам, ультрафиолету и перепадам температур позволяет использовать его в борьбе с оползнями, ливневыми движениями почв, вибрациями различного происхождения и прочими воздействиями.



Рисунок 3. Пример нефтяных амбаров, в обустройство которых применимы криогели

В таблице 2 приведен расчет стоимости 1 кг создаваемого криогеля. Однако, отметим, что используемые в реакции вещества производятся в крупнотоннажных объемах и имеют низкую себестоимость. Но даже в розничных ценах заказанных нами веществ средняя стоимость за килограмм криогеля выходила немногим более 50 рублей.

Исходя из прогнозных оценок, внедрение разработанных составов криогелей в практику обустройства нефтегазовых месторождений обеспечит эффективную и безопасную эксплуатацию дорог и сооружений в условиях сезонно-мерзлых и вечномерзлых грунтов и снизит стоимость содержания дорог и оснований кустовых площадок. Разработанный материал

может быть использован для укрепления и создания высокоэффективных гидробарьерных экранов в многолетнемерзлых грунтах, а так же при строительстве, эксплуатации различных сооружений и систем (в том числе гидротехнических), работающих в условиях Крайнего Севера. Основными потребителями научно-технических результатов работы видятся компании, занимающиеся обустройством месторождений.

Таблица 2. Данные для расчета стоимости 1 кг криогеля

Вещества	Единица измерений	Цена единицы измерений вещества	Требуемое количество вещества на 1 кг криогеля	Стоимость требуемого количества
Поливиниловый спирт	кг	700 руб.	0,05 кг.	35 руб.
Борная кислота	кг	250 руб.	0,01 кг.	2,5 руб.
Технический углерод	кг	95 руб.	0,134 кг.	12,73 руб.

Краткое заключение по итогам работ представлено на экране, отмечу лишь в завершении доклада, что в состав криогелей входят экологически безопасные вещества, а сама технология их создания идеально подходит для условий Севера, где естественным образом реализуется «криогенная» обработка нового материала.

Библиографический список:

1. Дудников В.Ю., Мачулина Н.Ю., Осадчая Г.Г. Криогели с техническим углеродом в качестве нерастворимого наполнителя / Комплексное изучение и освоение недр Европейского Севера России : материалы конференции. Под редакцией Р. В. Агиней. – Ухта : УГТУ, 2021. – С. 140-142.

УДК 622.248.5:004.33.02

Применение машинного обучения с целью предупреждения осложнений и аварий в процессе бурения

Щербаков Р.Э.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

С каждым годом истощение легкодоступных запасов углеводородов определяет необходимость разработки месторождений, характеризующихся сложными горно-геологическими условиями. Строительство скважин в данных условиях часто сопровождается различными осложнениями и авариями. Повышенные риски при строительстве скважин обусловлены усложнением конструкции скважины, траекторией ствола, а также горно-геологическими условиями.

Прихват бурильной или обсадной колонны является одной из самых сложных аварий, которая оказывает существенное влияние на эффективность бурения и стоимость скважины. Зачастую при возникновении аварии с прихватом бурильной или обсадной колонны, требуется проведение дорогостоящих мероприятий по ликвидации последствий аварии, поэтому различные отраслевые оценки, утверждающие, что стоимость проведения мероприятий по ликвидации последствий прихвата бурильного инструмента может превышать несколько сотен миллионов долларов в год, не являются надуманными [0].

Понимание механизмов возникновения прихвата и его признаков помогает на ранней стадии реализовывать мероприятия по снижению последствий надвигающейся аварии. Традиционно признаки прихвата определяются по параметрам бурения, регистрируемыми

станцией геолого-технологических исследований (ГТИ). Характерными признаками дифференциального прихвата являются увеличение сопротивления продольному перемещению, повышение крутящего момента при срабатывании колонны после пребывания без движения. В том случае, если помимо вышеуказанных признаков отмечается повышение давления на стояке, то можно говорить о вероятности возникновения механического прихвата [1].

Зачастую признаки предстоящего прихвата не обнаруживаются достаточно заблаговременно для проведения эффективных мероприятий по смягчению последствий предстоящей аварии. В основном это происходит в результате особенностей человеческого восприятия. Кроме того, признаки предстоящей аварии не распознаются заблаговременно в результате суточной смены рабочего персонала (членов буровой бригады, инженерного состава на буровой площадке и в оперативном офисе), поэтому по статистике большинство аварий происходит в течение нескольких часов после «пересменки» [0].

Внедрение машинного обучения в анализ изменения параметров бурения становится все более популярным по вышеуказанным причинам. Различные алгоритмы машинного обучения предлагают автоматизированные решения для преодоления этих ограничений, что позволяет адаптировать человеческие знания.

Одной из первых публикаций, в которой использовались статистические методы для прогнозирования вероятности возникновения прихвата колонны, была работа Хемпкинса и др. [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. В дальнейшем было реализовано несколько подходов для прогнозирования предстоящего прихвата колонны при помощи различных алгоритмов машинного обучения [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

- статистический анализ многомерных временных рядов;
- логистической регрессии;
- нейронной сети;
- метода опорных векторов.

В упомянутых ранее статистических методах использовались базы данных, хранящие большое количество скважин. Эти статистические методы обычно использовали суточные отчеты о бурении, отчеты об окончании скважины и другую информацию, которая отражает одно измерение в день для параметров, используемых для прогнозирования прихвата. Входные данные включали информацию о траектории ствола скважины, данные о свойствах бурового раствора, параметры режима бурения [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Фундаментальным ограничением применения этого подхода к прогнозированию прихвата в реальном времени является то, что условия, приводящие к прихвату, часто возникают в течение нескольких десятков минут или часов. Поэтому требуются более высокая частота обновления данных, нежели чем в суточных отчетах о бурении и отчетах об окончании скважины. Кроме того, использование свойств бурового раствора оправдано, но они недостаточно часто измеряются на большинстве буровых установок, чтобы обеспечить время срабатывания, необходимое для предотвращения предстоящей аварии. Были разработаны системы для непрерывного измерения основных свойств бурового раствора на буровой площадке, но в настоящий момент они не получили широкого распространения [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

В случае использования подхода к обнаружению прихвата при помощи алгоритмов обучения «с учителем» возникает проблема разметки обучающей выборки, поскольку требуется предварительный сбор информации для обучения алгоритма, проверка качества входных данных, предобработка данных, ручная разметка (выделение интервалов с признаками предстоящей аварии). В случае изменения распределения параметров бурения при использовании модели в условиях другого месторождения, требуется повторное обучение модели на новых предобработанных данных и оценка ее работы в условиях реального бурения.

Стоит отметить, что в соответствии с анализом различных инцидентов, связанных с прихватом бурильного инструмента, можно утверждать, что во всех случаях не было единого опережающего признака предстоящей аварии, поэтому требуется разработать алгоритм,

комплексно анализирующий различные параметры бурения. Для задач выявления аномалий во временных рядах используется огромное множество различных алгоритмов (Рисунок 1) [4].

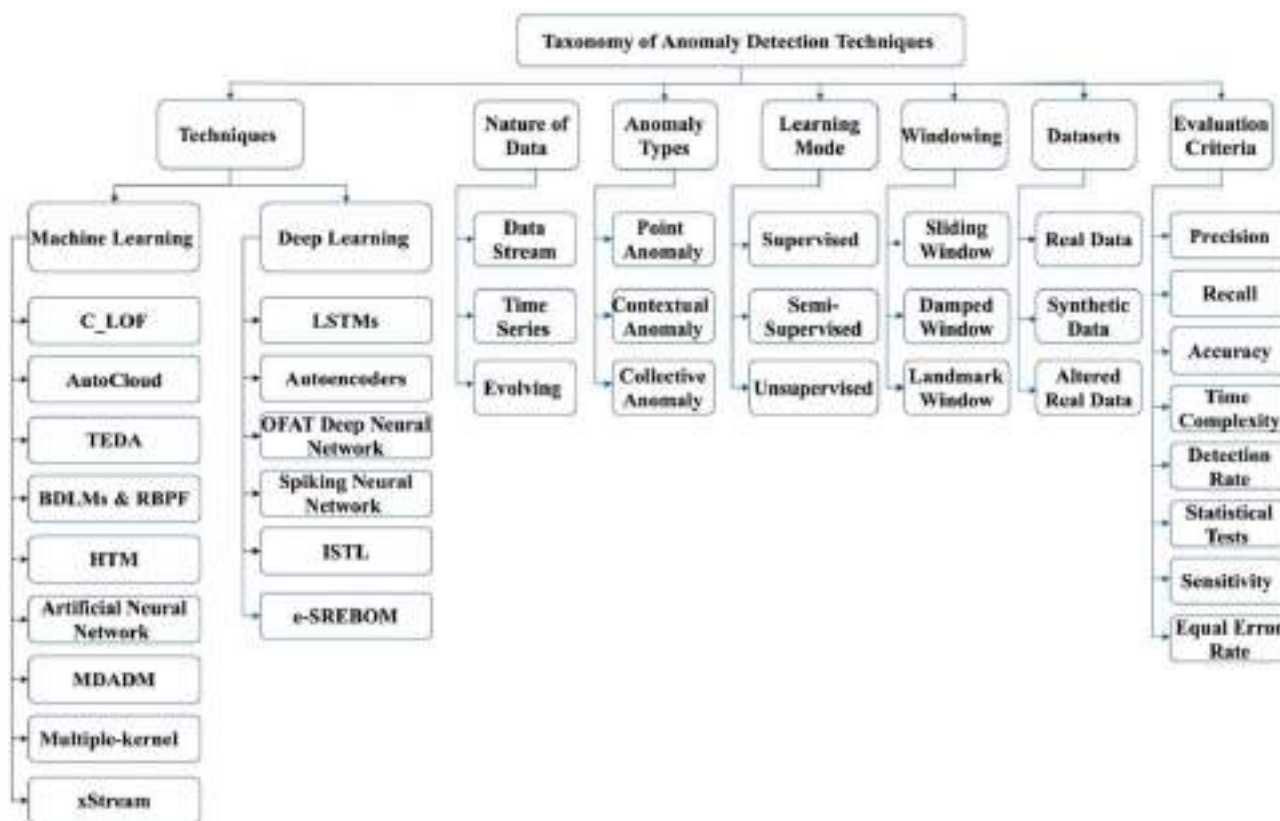


Рисунок 1 – Систематизация алгоритмов машинного обучения, методов и критериев оценки качества выявления аномалий во временных рядах

Как уже упоминалось ранее, при обучении «с учителем» существует проблема сбора и разметки обучающей выборки. Для решения данной проблемы предлагается реализовать систему автоматического обнаружения аварий и осложнений в процессе бурения на основе метода обучения «без учителя», данный подход позволит сократить временные и материальные затраты на подготовку и обучение модели. Кроме того, стоит отметить, что обучение модели в реальном времени, позволило бы использовать ее в процессе бурения скважины и не тяготеть к наличию всего набор данных параметров бурения до начала бурения.

Обнаружение аварий и осложнений в процессе бурения за несколько часов до момента наступления аварии намного лучше, чем обнаружение ее за несколько минут или обнаружение ее постфактум. Обнаружение признаков аварии позволяет заблаговременно проводить превентивные мероприятия, поэтому требуется, чтобы эта информация была достаточно ранней, чтобы ее можно было использовать. Существует компромисс между ранними обнаружениями и ложными срабатываниями, поскольку алгоритм, который часто делает неточные обнаружения, скорее всего, будет проигнорирован.

Резюмируя, можно выделить следующие требования к предлагаемому решению:

- 1) Прогнозы должны быть сделаны в режиме реального времени – алгоритм должен идентифицировать состояние x_t как нормальное или аномальное до получения последующего x_{t+1} ;
- 2) Алгоритм должен непрерывно обучаться без необходимости изначально иметь и хранить весь объем данных;
- 3) Алгоритм должен автоматически обучаться «без учителя» – без предварительной разметки данных или ручной настройки параметров;
- 4) Алгоритм должен адаптироваться к динамическим изменениям состояния системы и смене поведения данных, поскольку базовые статистики потока данных параметров бурения зачастую нестационарны;
- 5) Алгоритм должен распознавать аномалии в параметрах бурения как можно раньше;

б) Алгоритм должен иметь минимальное количество как ложноположительных, так и ложноотрицательных срабатываний.

В соответствии с приведенными ранее критериями можно утверждать, что алгоритмы обнаружения аномалий в неизменных временных рядах принципиально отличаются от тех, что требуются для работы в режиме реального времени, поэтому большинство алгоритмов, приведенных ранее, не применимы в контексте данной проблемы.

Для решения поставленной задачи и выполнения поставленных требований предлагается использовать следующий алгоритм – Hierarchical Temporal Memory (HTM).

Hierarchical Temporal Memory (Иерархическая Временная Память) – это частная модель мозга, которая моделирует некоторые структурные и алгоритмические свойства неокортекса. В контексте поставленной задачи данный метод машинного обучения, основан на большом количестве шаблонов последовательностей, хранящихся в нем, формируемых с помощью потока данных временных рядов [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

В рамках реализации для данной работы, так как входные данные содержат большое количество потоков данных с различных датчиков буровой установки, такие среды не могут быть эффективно обработаны с помощью одной сложной модели, так как сложность обучения и вывода растет намного быстрее, чем линейно с размером входной размерности. В таком случае следует разделить большую систему на набор меньших моделей, каждая из которых моделирует подмножество среды. Меньшие модели облегчают обучение и повышают производительность, но могут потерять потенциально полезные корреляции между моделями [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Входной набор данных представляет многомерный временной ряд, поэтому реализуется следующая принципиальная схема работы алгоритма (Рисунок 2).

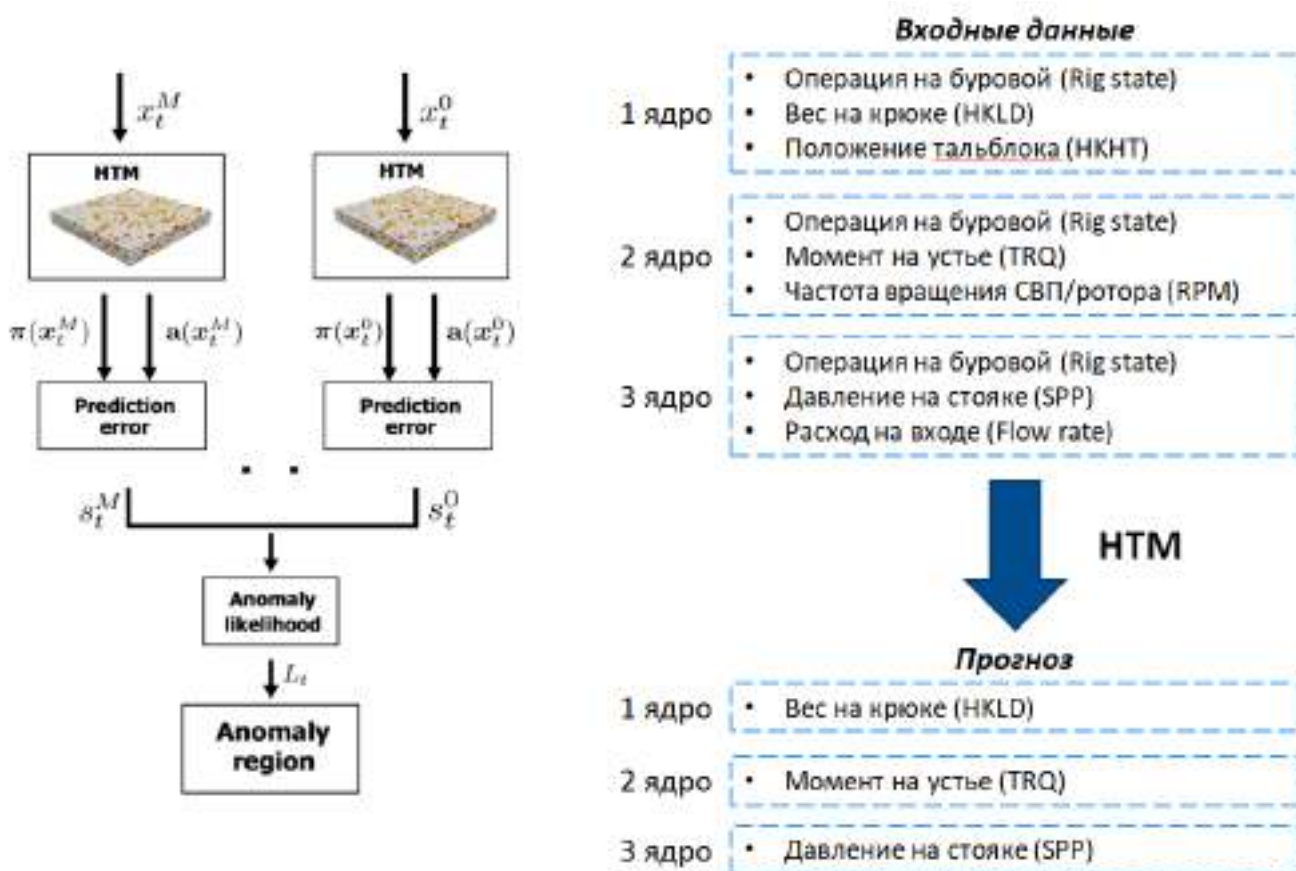


Рисунок 2 – Принципиальная схема работы алгоритма обработки многомерного временного ряда параметров бурения скважины

Реализуется три ядра алгоритма, на каждый из которых подаются на вход выделенные части доступного набора данных. Для прогнозирования вероятности прихвата бурильного инструмента отслеживаются такие ключевые параметры как нагрузка на крюке, момент на устье, давление на стояке для различных операций на буровой. Для того чтобы суммировать результаты работы отдельных ядер и сократить объем вычислений рассчитывается логарифм вероятности возникновения аварии по каждому отдельному параметру, которые в дальнейшем суммируются, при превышении суммарного логарифма вероятности аномалии порогового значения состояние системы отмечается аномальным.

Для выполнения данного исследовательского проекта был использован исходный набор данных временных рядов параметров бурения скважины, на которой произошла серия дифференциальных прихватов. Предоставленные данные были переданы реализованному алгоритму на вход, в ходе выполнения программного кода данные передавались строчка за строчкой, таким образом, изначально алгоритм не имел возможности использовать весь набор данных, тем самым обеспечивалось обучение алгоритма в режиме реального времени.

Для оценки качества работы алгоритма использовались такие метрики как количество подтвержденных и ложных случаев срабатывания алгоритма, а также время получения предупреждения до того, как авария произошла.

Результаты работы алгоритма представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты работы алгоритма

Наименование скважины	Количество подтвержденных инцидентов	Количество подтвержденных срабатываний	Количество ложных срабатываний	Время получения предупреждения до возникновения инцидента, час
Скважина №1	3	2	4	31
Скважина №2	1	1	4	30
Скважина №3	1	1	7	13

Результаты представленного в данной работе алгоритма доказали, что контроль параметров бурения в режиме реального времени может быть автоматизирован, а ранние признаки, сигнализирующие о предстоящем прихвате колонны, могут быть алгоритмов обработаны моделью, обучающейся «без учителя». В этом случае не требуется трудоемкая ручная разметка обучающего набора данных. Кроме того, данный подход также может быть применен к другим типам аварий, таким как поглощение, газонефтеводопроявление и т.д.

Библиографический список:

1. Ahmed Omogbolahan S, Aman Beshir M, Zahrani Majed A., Folorunsho I. Ajikobi Stuck Pipe Early Warning System Utilizing Moving Window Machine Learning Approach // Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. – Abu Dhabi, UAE, 2019. doi: <https://doi.org/10.2118/197674-MS> (дата обращения 28.03.2022).
2. Митчелл Дж., Безаварийное бурение / Дж. Митчелл – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. - 364 с. – Текст : непосредственный.
3. Multivariate Statistical Analysis of Stuck Drillpipe Situations / W.B. Hempkins, R.H. Kingsborough, W.E. Lohec, C.J. Nini // SPE Drilling Engineering. – 1987. – V. 03. – P. 237–244. doi: <https://doi.org/10.2118/14181-PA> (дата обращения 28.03.2022).
4. Stuck-Pipe Prediction by Use of Automated Real-Time Modeling and Data Analysis / Salminen Kent, Cheatham Curtis, Smith Mark, Khaydar Valiullin // SPE Drilling & Completion. – 2017. – V. 32. – P. 184–193. doi: <https://doi.org/10.2118/178888-PA> (дата обращения 28.03.2022).
5. Vajargah Ali Karimi, Sullivan Gregory, Eric van Oort Automated Fluid Rheology and ECD Management // SPE Deepwater Drilling and Completions Conference. – Galveston, USA, 2016. doi: <https://doi.org/10.2118/180331-MS> (дата обращения 28.03.2022).
6. A Review of Machine Learning and Deep Learning Techniques for Anomaly Detection in IoT Data / Al-amri Redhwan, Raja K. Murugesan, Mustafa Man, Alaa F. Abdulateef, Mohammed A. Al-Sharafi, Ammar A. Alkahtani

// Applied Sciences. – 2021. – V. 12. <https://doi.org/10.3390/app11125320> (дата обращения 28.03.2022).

7. Unsupervised real-time anomaly detection for streaming data / Subutai Ahmad, Alexander Lavin, Scott Purdy, Zuha Agha // Neurocomputing. – 2017. – V. 262. – P. 134–147. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.04.070> (дата обращения 28.03.2022)

Анализ шламограммы как метода оценки устойчивости ствола скважины

Макаров А.С., Логачев Ю.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Разработка алгоритма анализа и математической модели выноса шлама с последующим выдвижением теории оптимизации, не позволяет рассмотрения данного вопроса не имея комплексного подхода, включающего в себя как можно больше факторов.

Основные факторы, влияющие на удаление частиц шлама и без учета которых не осуществить правильный подбор реологических параметров – размер и форма частиц шлама.

В зависимости от размеров всю совокупность частиц шлама, в соответствии с рекомендациями РД 39-0147716-102-87, следует разбивать на 4 класса:

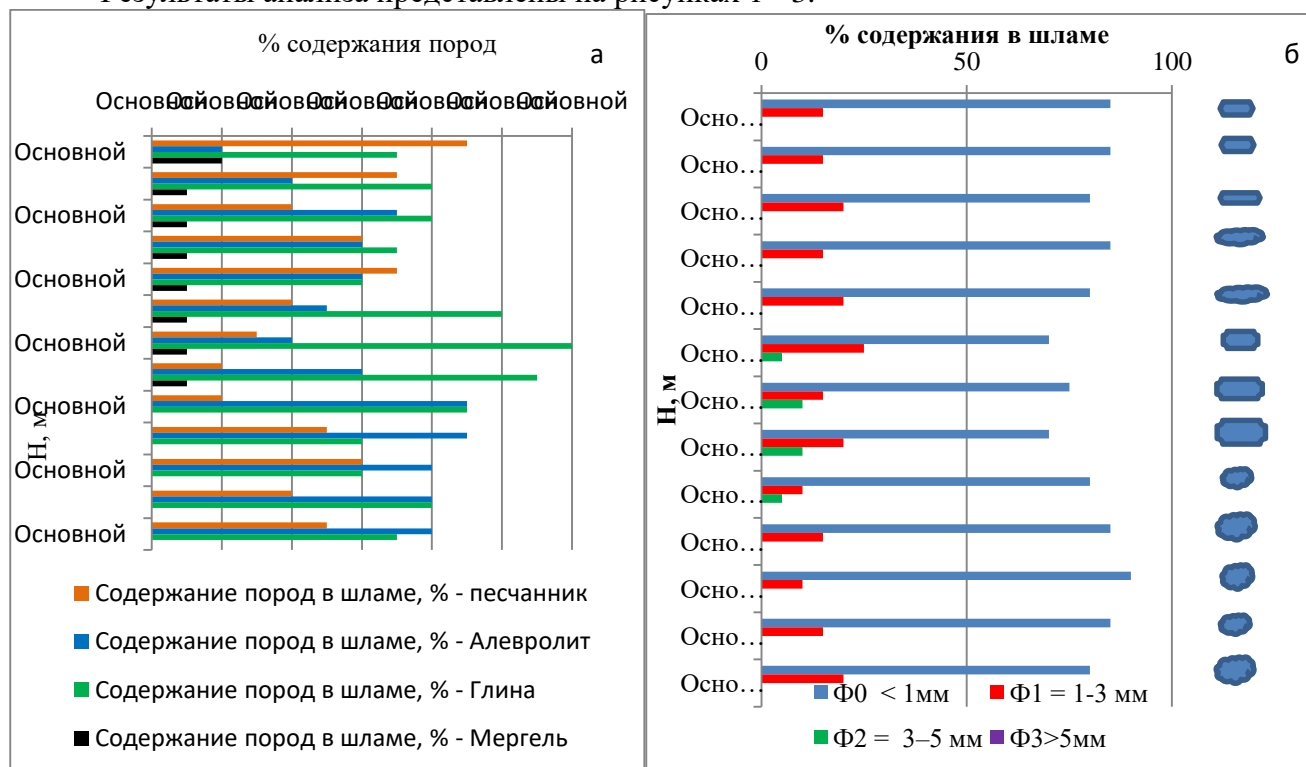
- $\Phi_1 = 1-3$ мм;
- $\Phi_2 = 3-5$ мм;
- $\Phi_3 = 5-7$;
- $\Phi_4 > 7$ мм.

Однако, при фациальных исследованиях алевритовых пород такого деления не достаточно, необходимо выделить еще один класс – $\Phi_0 < 1$ мм.

В основу использования этого признака положен принцип тесной зависимости размера от твердости пород.

В рамках исследования было проанализировано процентное содержание и фракционный состав пород в шламе скважины № 9060 Усинского месторождения при бурении технической и эксплуатационной колонны.

Результаты анализа представлены на рисунках 1 - 3.



а) процентное содержание пород в шламе, б) фракционный состава шлама

Рисунок 1 – График процентного содержание пород и фракционного состава шлама под эксплуатационную колонну

Литология в основном представлена глинами, песчаниками и алевролитами, т.е. породами мягкими и средними.

При прочих равных условиях в момент разбуривания мягких пород будут формироваться частицы классов Ф0 и Ф1, частицы фракции Ф2 обычно образуются при проходке пород средней твердости, а фракции Ф3 и Ф4 чаще представлены наиболее твердыми разностями.

Частицы Ф0 и Ф1 имеют более окатанную форму, частицы размером от 1 до 3 мм более вытянуты и по форме будут близки к овалу. Частицы большего размера, при бурении средних и мягких пород представленными глинами, песчаниками и алевролитами, будут иметь форму близкую к пластинчатой. При бурении под эксплуатационную колонну на интервале 1300-1370 метров литология представлена переслаиванием вышеперечисленных пород с мергелем, что дает сделать вывод, что в шламе будут присутствовать частицы по форме близкой к призматической при размере частиц более 3 мм. При размере до 3 мм, форма частиц твердой породы будет более окатанной и близкой к цилиндрической и пластинчатой.

По графику видно, что с появлением алевролита на глубине 420 метров и увеличением содержания песчаника, размер шлама увеличился (рисунок 2 и 3).

Содержание фракций Ф3 в шламе имеет не монотонный характер, как можно это наблюдать на участке набора. На интервалах 950-980, 1040-1060, 1100-1130, 1160-1190, 1240-1270 метров частиц размером более 5 мм в шламе не присутствует, что может быть следствием его осаждения на наклонном стволе скважины.

Содержание фракций Ф3 в шламе имеет не монотонный характер, как можно это наблюдать на участке набора. На интервалах 950-980, 1040-1060, 1100-1130, 1160-1190, 1240-1270 метров частиц размером более 5 мм в шламе не присутствует, что может быть следствием его осаждения на наклонном стволе скважины.

Для возможности более широкого и объективного анализа, необходимо увеличить дискретность шлама. Совокупность частиц шлама класса Ф4 говорит лишь о том, что частицы имеют размер более 5 мм, что ограничивает представление о фактическом фракционном составе шлама.

Тем не менее, нельзя утверждать, что при выполнении вышеописанных рекомендаций у нас будет абсолютно достоверная информация о фракционном составе шлама, наиболее точная информация представлена конечно же непосредственно на забое скважины. При выносе шлама, частицы подвергаются воздействию со стороны промывочной жидкости, что в конечном результате может исказить их первоначальный размер и форму. Частицы рыхлых и мягких пород будут более подвержены данным изменениям, поэтому, наиболее достоверную информацию в шлагограмме несут частицы относительно устойчивых горных пород.

Анализ шлагограммы позволил выделить следующую гипотезу:

Большая детализация последующих фракций являлась бы еще одним фактором, по которому можно было бы оценивать степень устойчивости стенок скважин. Наличие частиц гораздо большего размера и отображение их фракционности с прослеживанием динамики появления, может служить предпосылкой о критическом состоянии стенок скважины.

В рамках исследования, предлагается следующий алгоритм анализа фракционного состава:

1) Угол скважины и механическая скорость не изменяется, но наблюдается увеличение размера шлама – неустойчивость стенок скважины возрастает.

2) Угол скважины увеличивается, механическая скорость увеличивается, наблюдается увеличение размера шлама – появляется корреляция с буровым индексом анизотропии.

Так как скорость при бурении параллельно напластаванию выше, чем при бурении по нормали, интенсивность набора угла будет увеличиваться с уменьшением разности между углом напластавания и зенитным углом. Учитывая буровой индекс анизотропии при бурении скважин, можно уменьшить самопроизвольное искривление ствола скважины, что позволит бурить с максимально близкими по проекту значениями.

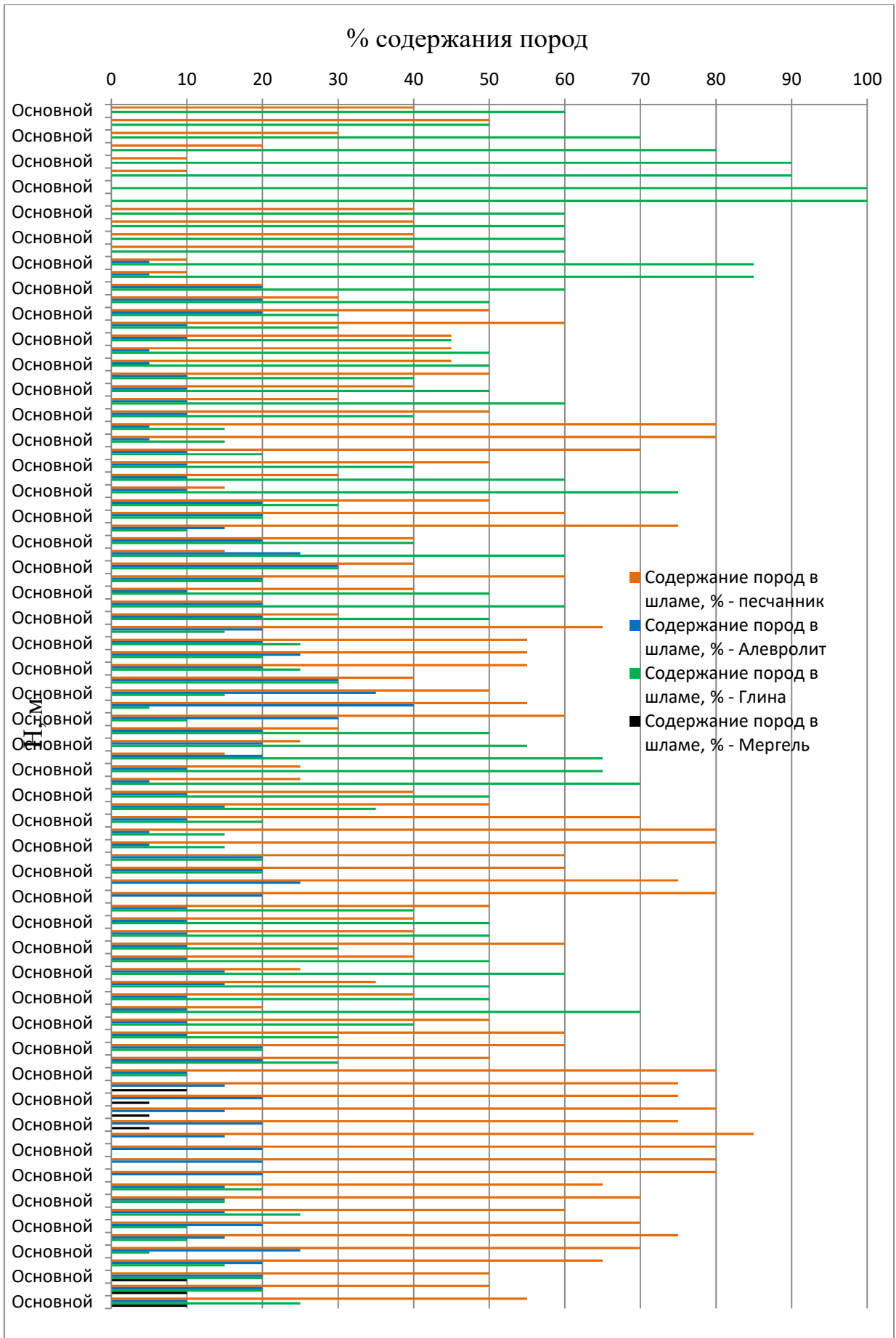


Рисунок 2 – График процентного содержания пород в шламе под техническую колонну

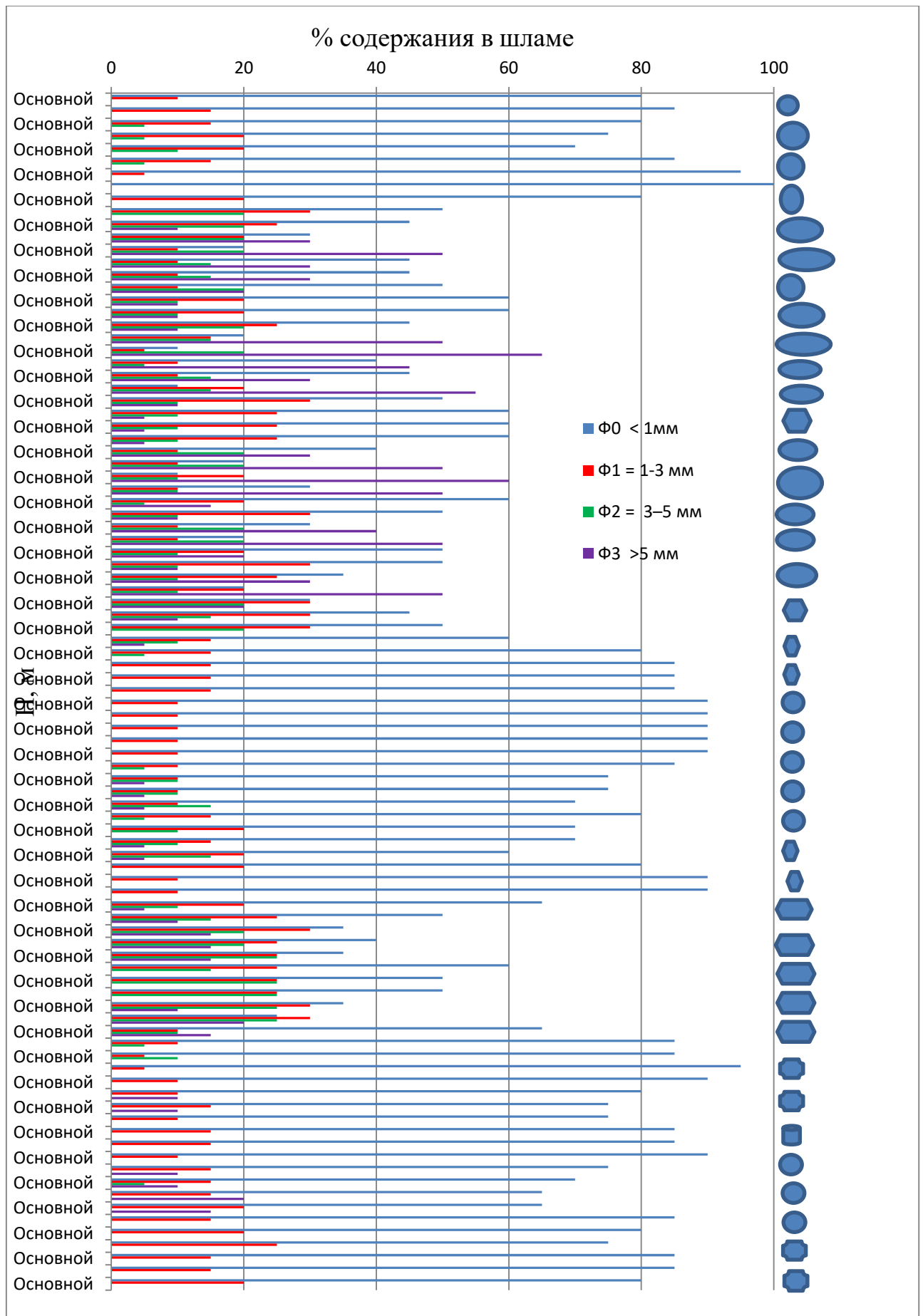


Рисунок 3 – График фракционного состава под техническую колонну

До сих пор нет практического применения шламограммы как метода оценки косвенной устойчивости стенок скважины. Анализ показал, что при глубоком анализе фракционного состава шлама и шламограммы в целом, возможно проследить закономерности, которые способствовали бы предотвращению осложнений и беспрепятственной проводке ствола скважины.

Библиографический список:

1. Беликов В.Г., Булатов А.И., Уханов Р.Ф. Промывка при бурении, креплении и цементировании скважин. - М.: Недра, 1974. - 240с.
2. Рабинович Н.Р. Инженерные задачи механики сплошной среды в бурении. М.: Недра. - 1989. - 268 с.
3. Рабинович Н.Р. Критерии устойчивости стенок скважины. // Нефт. хоз-во. 1988. -Вып.7. - С. 13-15.

УДК 622.245.12:532.135

Анализ гидравлической программы цементирования обсадной эксплуатационной колонны на Приобском месторождении

Хорошилов Р.А.

Научный руководитель – Логачёв Ю.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Основная цель цементирования обсадных колонн нефтяных и газовых скважин состоит в изоляции флюидосодержащих пластов для предотвращения выброса на устье скважины и предупреждения межпластовых перетоков флюида. Качественное крепление способно обеспечить добычу пластового флюида на протяжении длительного времени.

При цементировании обсадных колонн в скважину последовательно закачивается несколько жидкостей: тампонажный раствор (до 2-х порций); буферные жидкости (до и после цементного); продавочная жидкость. Основное требование, предъявляемое к крепи – это ее герметичность, которая может быть достигнута только при условии полного вытеснения промывочной жидкости из кольцевого пространства тампонажным раствором.

Обеспечить полное вытеснение техническими средствами и устройствами невозможно. В современной практике качественное вытеснение достигается исключительно за счет управления гидравлическими показателями.

Вообще, на замещение бурового раствора тампонажным влияют:

- 1) Реологическая модель жидкости и ее параметры
- 2) Геометрия затрубного пространства
- 3) «Отрывное течение», которое приводит к потере управления над проектным режимом течения жидкости.

В процессе работы была рассмотрена гидравлическая программа цементирования обсадной эксплуатационной колонны на Приобском месторождении, предоставленная одной из сервисных компаний. В исходных данных было отмечено, что коэффициент кавернозности для всего интервала цементирования колонны составляет 1,25. Но, в процессе анализа литологической колонки разреза скважины из данных геолого-технического наряда было выявлено, что пласты преимущественно состоят из чередующихся пропластков песчаников и алевролитов, то есть довольно устойчивых горных пород. Этот факт практически исключает возможность применения столь завышенного коэффициента. Изучая данные проекта на строительство скважины, было отмечено, что коэффициент 1,25 применим только к первым 60 метрам бурения под эксплуатационную колонну.

В компьютерной программе на языке QBASIC был произведен анализ режима цементирования. Оценка проводилась с использованием программы моделирования гидравлических процессов цементирования скважин, алгоритм которой основан на применении итерационных методов расчета. На рисунке 1 представлено положение каждой жидкости в конце работы. Здесь видно, что в первом и во втором случае цемент находится на одном

уровне. Поскольку фактический коэффициент кавернозности завышен, конфигурация ствола скважины будет отличаться, и потребуется больший объем цементного раствора. На рисунке в) изображена реальная модель скважины, где коэффициенты кавернозности равны проектным, а объем цемента фактическому. В результате чего, происходит перелив буферной жидкости на устье, что было получено на скважине по факту. Столб облегченного цементного раствора увеличивается на 616 метров по сравнению с предыдущими моделями.

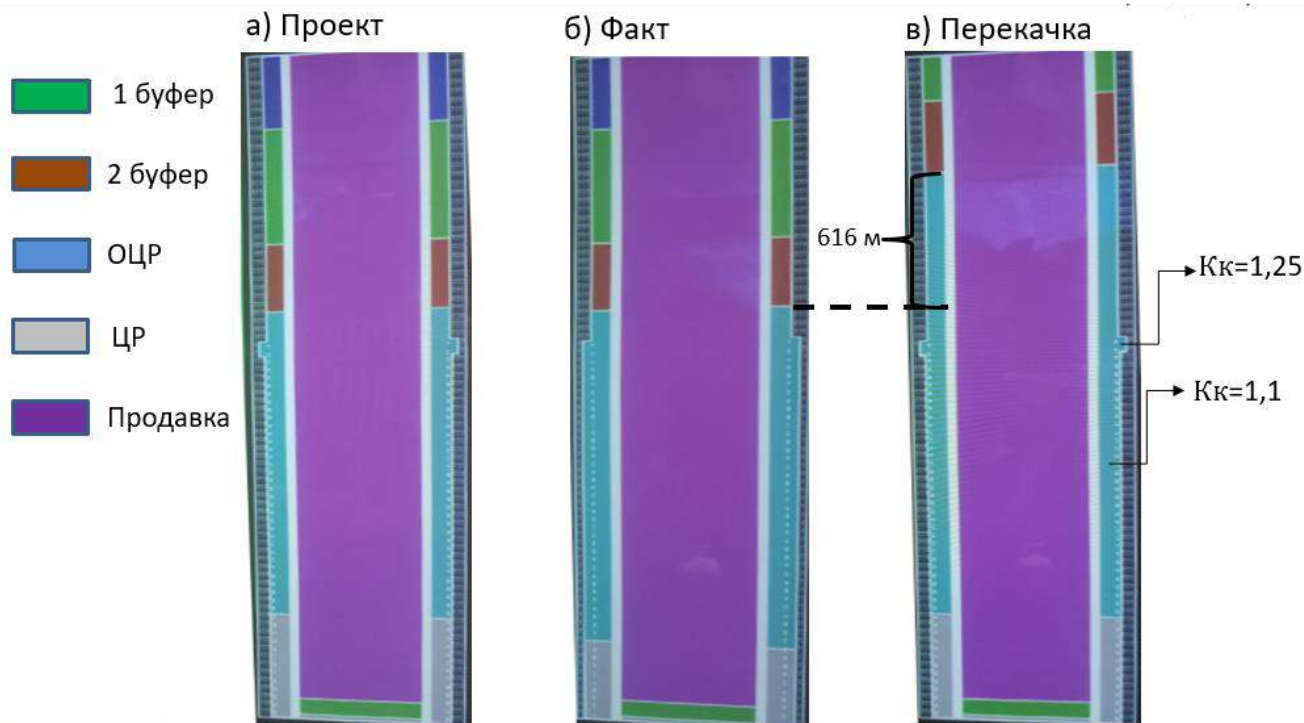


Рисунок 1 – Положение жидкостей в конце цементирования в зависимости от принимаемого коэффициента кавернозности

На рисунке 2 представлена динамика изменения расходов при закачке каждой жидкости. Данный график показывает, что сервисная компания пыталась оптимизировать режим течения жидкости исключительно при движении в трубах, что не представляет смысла при использовании цементных пробок. На этапе выхода в затрубное пространство расход же остается постоянным:

При этом эффективность вытеснения бурового раствора при выходе жидкости в затрубное пространство низкая. В качестве критерия вытеснения жидкости используется относительный показатель r_0/R , который показывает какую часть сечения канала составляет «пробка». Как можно заметить из графика, этот критерий не превышает 0,785, что снижает эффективность вытеснения промывочной жидкости приблизительно на 40%. На этом этапе, необходимо либо уменьшить расход для формирования большего радиуса ядра потока, либо управлять реологическими параметрами, при этом:

- с увеличением показателя τ_0 эффективность замещения возрастает;
- с увеличением показателя пластической вязкости эффективность замещения уменьшается [1].

Очевидно, что с увеличением диаметра ствола скважины (в случае использования

$K_k = 1,25$) время и объем прокачки цементного раствора увеличиваются. На рисунке 4 показано, что время работы увеличилось на 9 минут по сравнению с проектным вариантом, а объем цемента увеличился на 10 м³. При этом, режим вытеснения бурового раствора меняется незначительно и размер «пробковой» области по-прежнему находится в пределах 0,78:

Расход и давление при цементировании эксплуатационной колонны ОК178

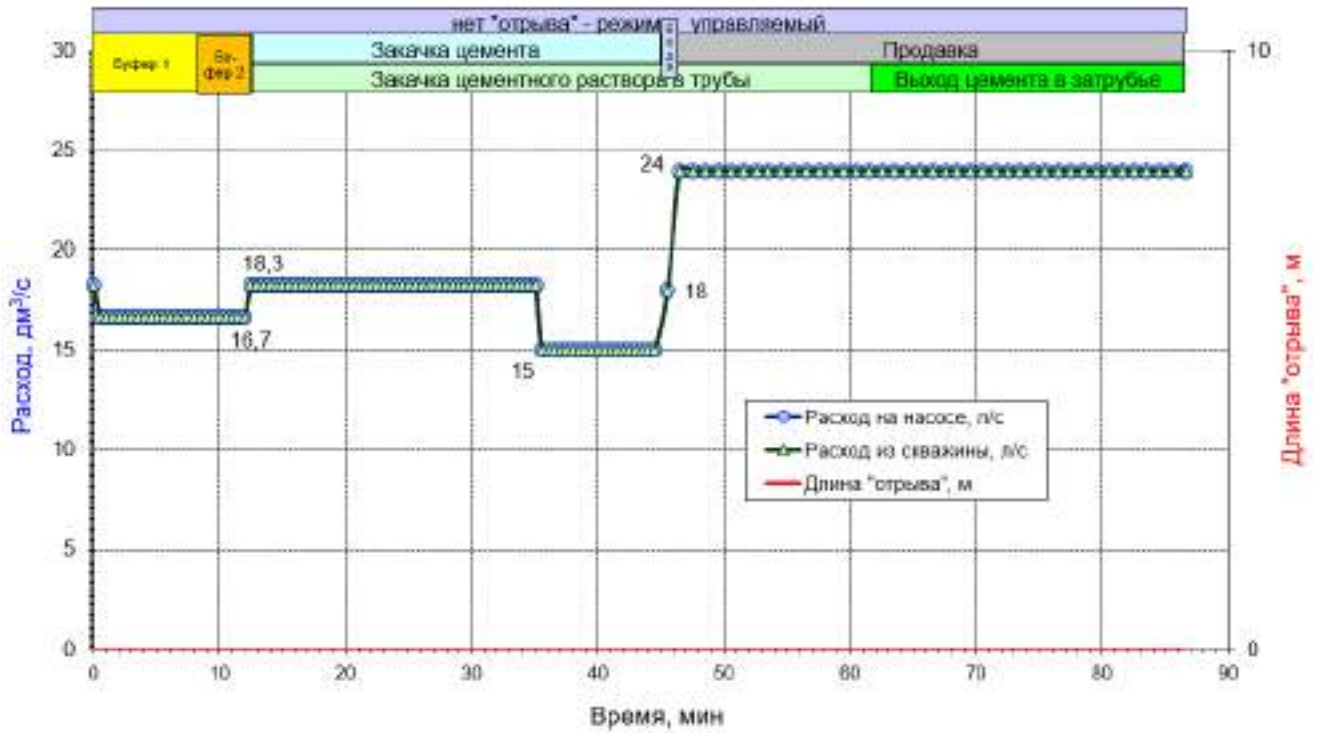


Рисунок 2 – Динамика изменения расхода при проектном коэффициенте кавернозности

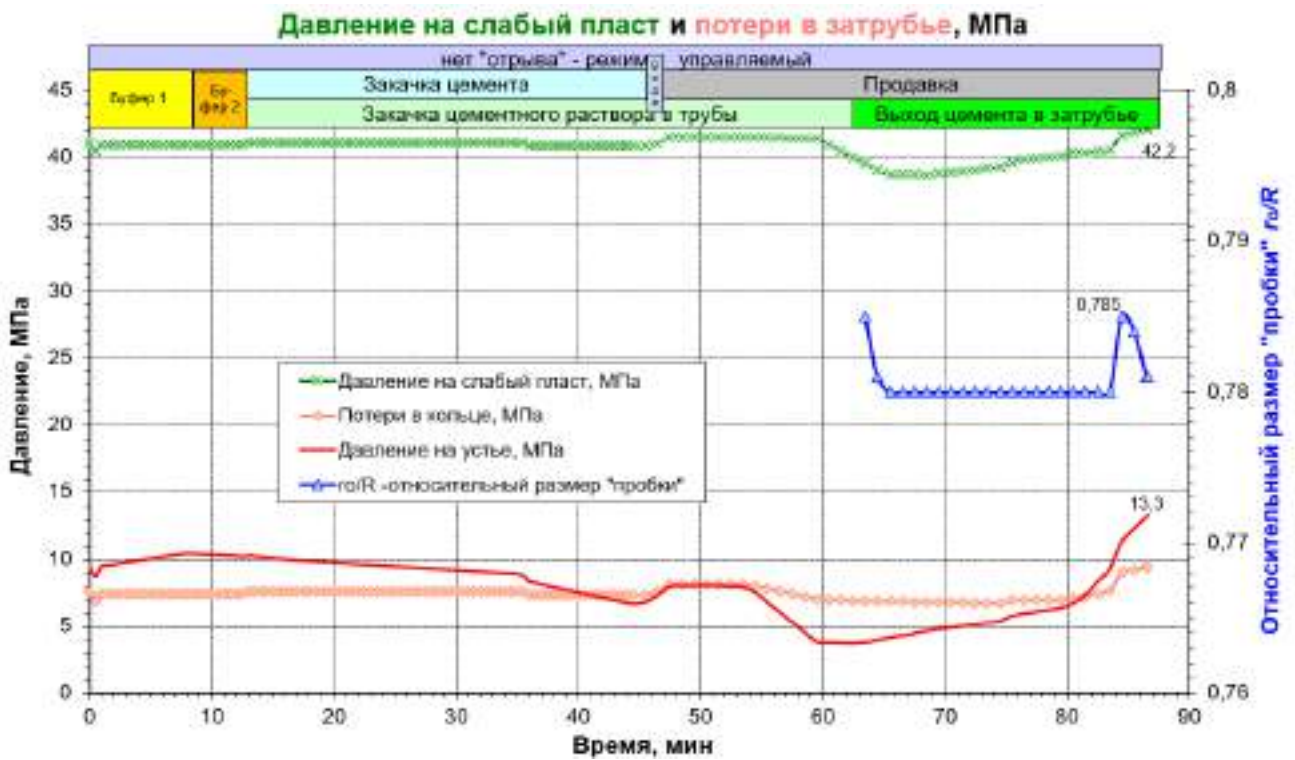


Рисунок 3 – Потери давления и размер пробки при проектном коэффициенте кавернозности

Расход и давление при цементировании эксплуатационной колонны ОК178

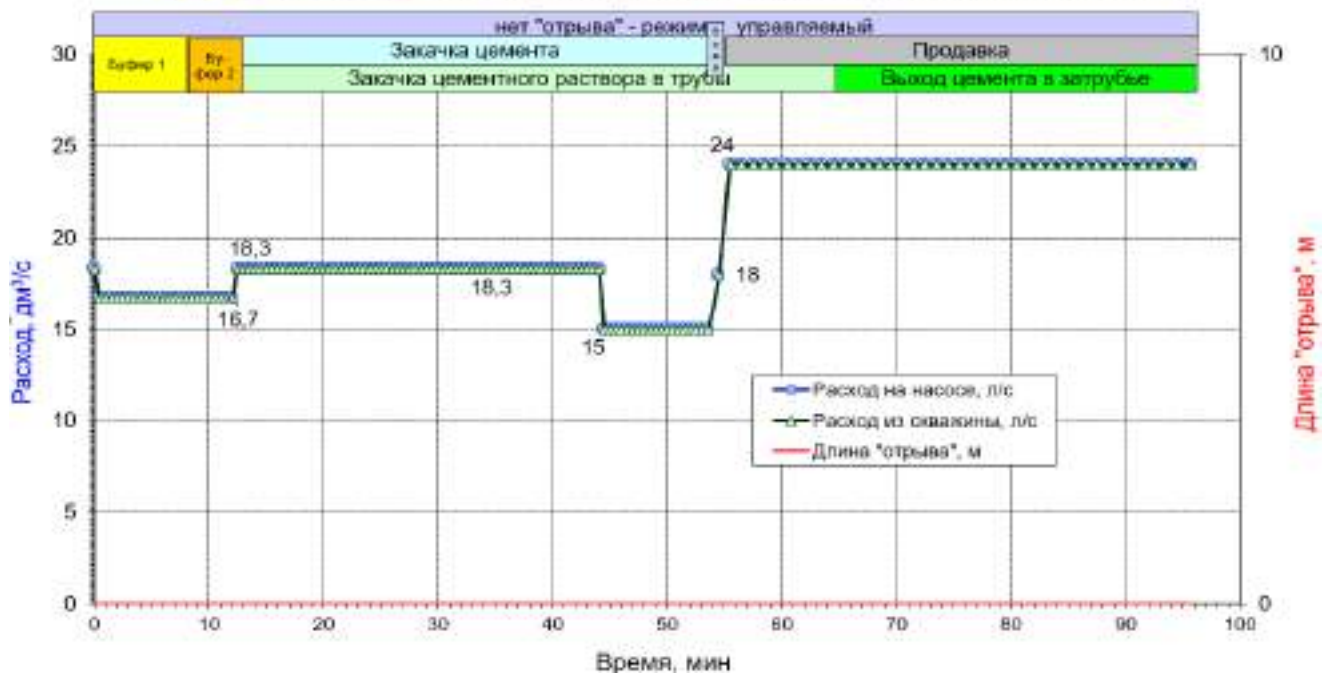


Рисунок 4 – Динамика изменения расхода при указанном в программе цементирования коэффициенте кавернозности

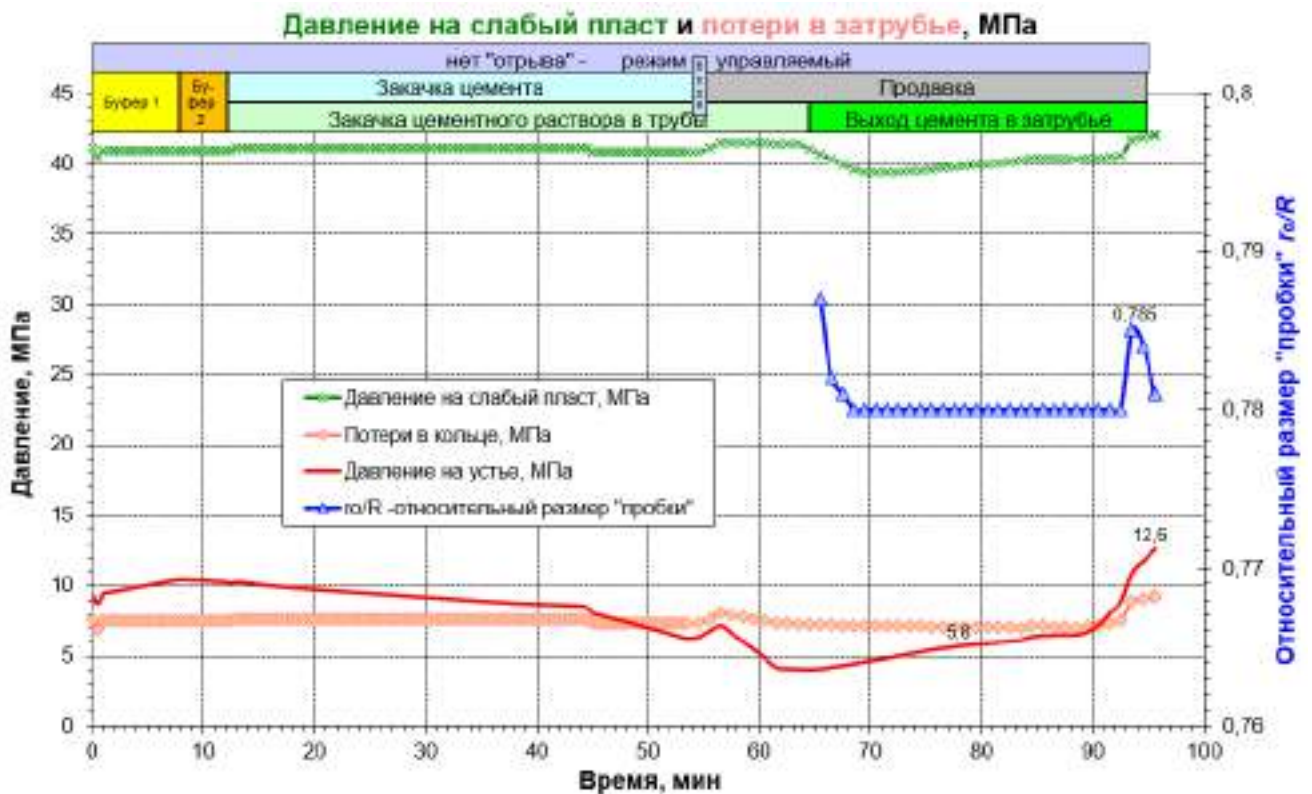


Рисунок 5 – Давления и g_0/R при завышенном коэффициенте кавернозности

На рисунках 6 и 7 смоделирована ситуация, при которой используются проектные коэффициенты кавернозности, а объем цемента принят из гидравлической программы:

Расход и давление при цементировании эксплуатационной колонны ОК178

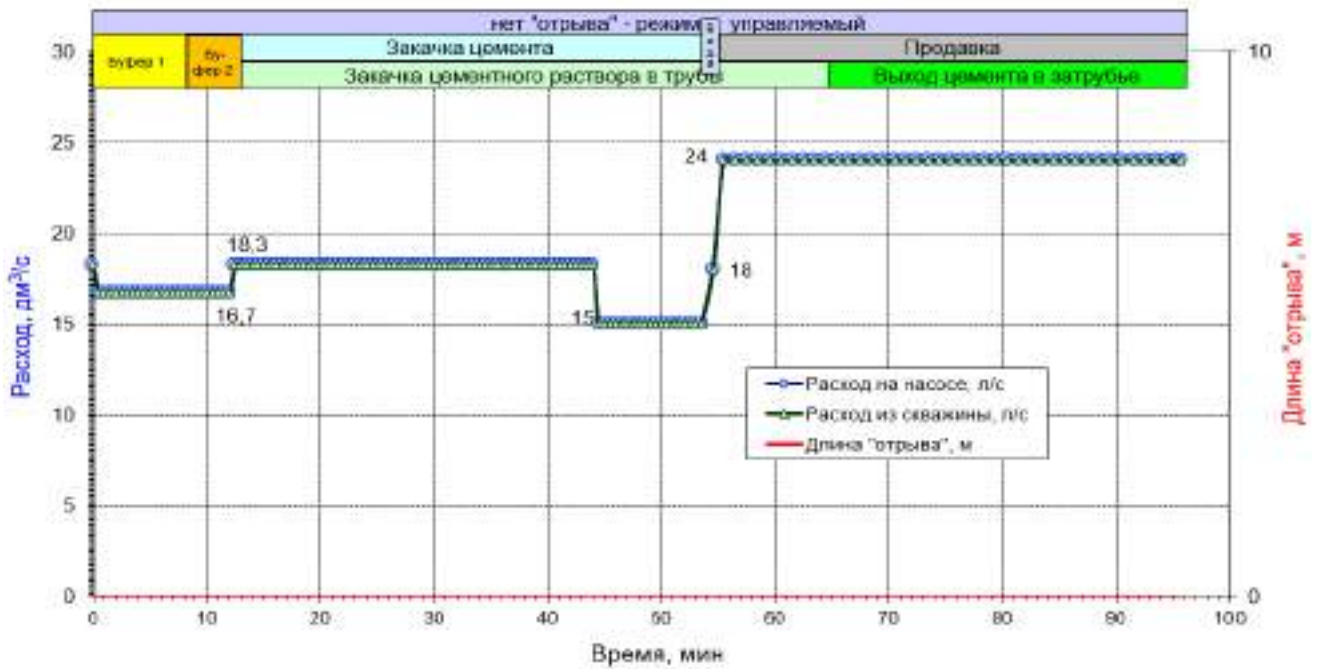


Рисунок 6 – Динамика изменения расхода при сопоставлении реальных и проектных данных

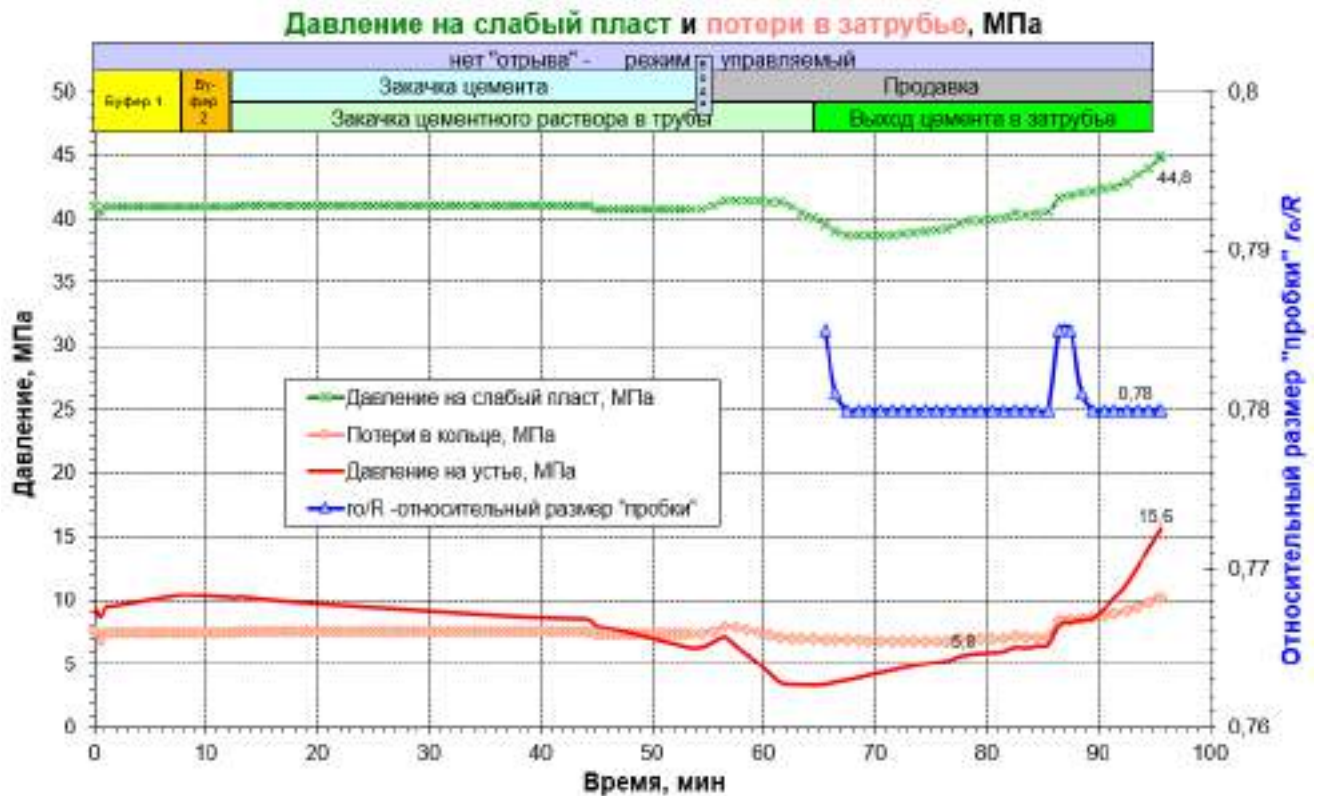


Рисунок 7 – Динамика давлений и относительного размера ядра потока с учетом завышенного объема цементного раствора

Как видно из графика, при увеличении столба цемента в затрубном пространстве потери давления соответственно увеличиваются. Так же возрастает давление на слабый пласт, что может привести к поглощению и загрязнению продуктивного пласта.

В результате сравнения данных, представленных в программе цементирования и проекте на строительство скважины можно сделать выводы:

- По нашему предположению, в гидравлической программе цементирования

эксплуатационной колонны был принят завышенный (1,25) коэффициент кавернозности в интервале 1150-2730 м по вертикали. По проектным данным он равен 1,1.

- Объем цементного раствора из-за этого завышен на 10 м³, что привело к дополнительным затратам материалов и средств.

- По причине завышения коэффициента кавернозности высота подъема тампонажного раствора оказывается выше проектной на 616 м и при этом возрастает давление на слабый (и продуктивный) пласт, что предположительно может приводить к поглощению слабым пластом и большому загрязнению флюидосодержащих пластов цементным раствором.

- По оценочному показателю r_0/R можно сделать вывод о невысокой степени вытеснения бурового раствора тампонажным. Рекомендуемое соотношение должно быть $r_0/R \geq 0,9$.

Библиографический список:

1. Логачёв А. Ю. Влияние реологических свойств на скорость замещения одной вязкопластичной жидкости, другой в трубах и кольцевом пространстве / А. Ю. Логачёв // XVI Международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех-2015»: материалы конференции (25–27 марта 2015 г.). – В 6 ч. Ч. 3. – Ухта: УГТУ, 2015. – 260 с.

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

УДК 553.37

Истина железных руд и магнитных полей

Литвинова М.И.

Научный руководитель - Заборовская В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Чтобы подобраться к вопросу о железной руде, для начала будет рассмотрено само явление руды. Руда – это горная порода или другие образования коры Земли с большим содержанием полезных минералов, а также химических элементов. Делятся руды на металлические и неметаллические. Среди металлических руд наиболее используемыми являются железные [1]. Железные руды — природные минеральные образования, содержащие железо и его соединения в таком объеме, когда промышленное извлечение железа целесообразно (в тех случаях, когда добыча металлического железа производится в больших объемах и выгодно экономически). Химический состав железных руд состоит из окисей, углекислых солей закиси железа, гидратов окисей. В природе же содержатся в виде рудных минералов, таких как магнетит, гётит, лимонит, сидерит. Экономическая целесообразность добычи таких руд исходит от их богатства, например богатая железная руда имеет содержание железа свыше 57 %, а кремнезёма менее 8...10 %, серы и фосфора менее 0,15 %. Представляет собой продукт природного обогащения железистых кварцитов, созданных за счёт выщелачивания кварца и разложения силикатов при процессах длительного выветривания или метаморфоза. Бедные железные руды могут содержать минимум 26% железа [2]. Морфологические типы залежей, конкретно, богатой железной руды делятся всего на два: плоскоподобные и линейные. Плоскоподобные залегают на вершинах крутопадающих пластов железистых кварцитов в виде значительных по площади с карманоподобной подошвой и относятся к типовым корам выветривания. Линейные залежи представляют падающие в глубину клиноподобные рудные тела богатых руд в зонах разломов, трещиноватостей, дробления, изгибов в процессе метаморфоза. Запасы железных руд России (рисунки 1, 2) составляют примерно 110,3 млрд. т. Содержание железа в рудах колеблется в пределах 28-34% [3].



Рисунок 1 - Запасы и ресурсы железных руд в России



Рисунок 2 - Карта металлургии в России

Взяв за основу карту аномального магнитного поля России (рисунок 3), выполненную по результатам аэромагнитных съемок, имеющую масштаб 1:2.500.000 и отражающую распределение по местности намагниченных горных пород, можно сделать вывод: чем богаче земля на железные руды – тем больше ее магнитное поле.

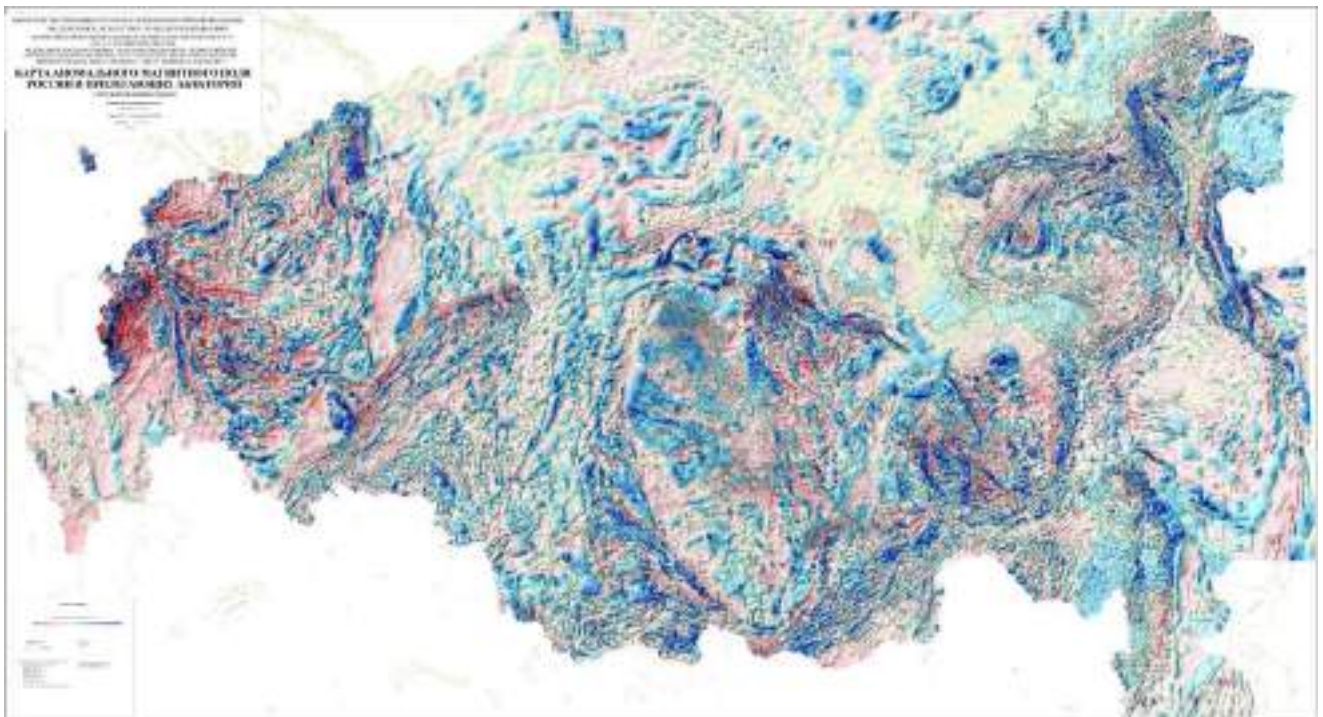


Рисунок 3 – Карта аномального магнитного поля России

В свою очередь магнитное поле Земли генерируется внутриземными источниками. Реальные силовые линии магнитного поля Земли существуют с местными нерегулярностями, связанными с наличием намагниченных пород в коре, расположенных близко к поверхности. Из-за этого в некоторых местах на земной поверхности параметры поля сильно отличаются от значений в близлежащих районах, образуя магнитные аномалии. Они могут накладываться одна на другую, если вызывающие их намагниченные тела залегают на разных глубинах.

Вопросами изучения магнитного поля занимается магниторазведка, которая представляет собой геофизический метод решения геологических задач, основанный на изучении магнитного поля Земли. Разведка производится с помощью специальных приборов – магнитометров. Магнитометр (рисунок 4) – измерительный прибор, предназначенный для измерения параметров магнитного поля и магнитных свойств веществ.



Рисунок 4 - Магнитометр

Магнитные поля на сегодняшний день широко используются в промышленности – сепараторы с постоянным магнитным полем на заводах по производству хлеба, для очистки муки. На них основана область науки, магнитобиология, доказывающая положительное влияние оных на жизнедеятельность микроорганизмов. Омагничивание воды внутри растений дает возможность настраивать процессы растворения и кристаллизации, то есть открывается возможность к повышению урожайности и роста. Благодаря точечной концентрации веществ в жидкости работает магнитная анестезиология.

Человечество, научившись работать с магнитными полями, прикоснулось к их возможным функциям, доступным другим цивилизациям. Именно на основе магнитных полей работают двигатели инопланетных кораблей. За основу берется теория, в которой корабли перемещаются с помощью системы постоянных магнитов, состоящих из двух частей: подвижной и неподвижной. «В любом случае принцип работы двигателя один, - считает Виктор Куксин. - При определённой частоте вращения ротора происходит уравнивание потенциалов Неопознанного Летающего Объекта и Земли - тарелка зависает над планетой. А когда она крутится на максимальных оборотах, магнитное поле Неопознанного Летающего Объекта достигает сверхъестественной величины, и тарелка "отталкивается" от Земли с огромным ускорением».

Взяв за основу данные, полученные с исследований добываемых железных руд, с наибольшим процентным содержанием железа, в шести регионах России, можно составить таблицу (таблица 1).

Наибольшим потенциалом содержания железных руд выделяется Курская магнитная аномалия. Именно благодаря скоплению залежей руды фоновое магнитное Курской аномалии превышает нормальное в пять раз. Напряженность магнитного поля данной области выше нормальной в три раза. От этого урожайность близлежащих земель хуже на 10-15%, по сравнению с подобными по почвенно-климатическим условиям регионами.

Таблица 1 – Содержание железа по регионам

Местоположение добываемых руд	Содержание железа (%)
Республика Хакасия (Абаканское месторождение)	46
Иркутская область (Ангарская железорудная провинция, Рудногорское месторождение)	35
Свердловская область (Первоуральское месторождение)	>35
Свердловская область (Песчанское месторождение)	47
Мурманская область (Ковдорское месторождение)	32
Курская, Белгородская, Орловская области (Курская магнитная аномалия)	53

На человеческом здоровье это сказывается крайне пагубно, среди населения в районах, подверженных аномалии, риск гипертонии, ревматизма, нервно-психических заболеваний выше на 120-160%, а сумма заболеваний кишечными инфекциями выше в 2,66 раза. Так скопление драгоценных ископаемых, представляющее собой шкатулку всяческих ресурсов, необходимых в развитии индустрии, является тем, что вредит самому человеку, увеличивая его шанс на смерть. Отсюда следует, что само поле есть смысл рассматривать, как значимую причину образования санитарно-эпидемиологического благополучия целой области Курской аномалии. От непрекращающейся добычи минералов страдает и окружающая среда. Основными техногенными выбросами можно считать железосиликатную пыль, сернистый ангидрит, окислы азота. Они, при выбросе в атмосферу, становятся источниками заболеваний дыхательных путей и полости рта.

Библиографический список:

1. Железная руда [Электронный ресурс]. - https://ru.wikipedia.org/wiki/Железная_руда (20.01.2022).
2. Железорудное сырье [Электронный ресурс]. - <https://www.urm-company.ru/production/iron-ore/> (18.01.2022).
3. Железные руды России. 2017 год [Электронный ресурс]. - <https://nedradv.ru/nedradv/ru/resources?obj=ab05b068239ede80d3dd35cf40488eca> (20.01.2022).

УДК 553.98:551.1/.4(470.13)

Перспективы нефтегазоносности гряды Чернышева

Тереньтев А.Е.

Научный руководитель – Маракова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Целью данной работы является изучение особенностей геологического строения и анализ перспектив нефтегазоносности гряды Чернышева.

Для достижения данной цели планируется решить следующие задачи:

- изучить особенности геологического строения и развития гряды Чернышева;
- оценить перспективы нефтегазоносности;
- выделить нефтегазоперспективные объекты.

Гряда Чернышева является шовной пограничной структурой на стыке двух разнотипных тектонических элементов: Косью-Роговской впадины Предуральского краевого прогиба и Хорейверской впадины Печорской синеклизы.

Такое положение гряды предопределило особые условия образования и как следствие - исключительно сложное ее тектоническое строение.

Гряда Чернышева представляет собой складчато-блоковую систему структур, включающую Хоседаюский вал и разделяющую его с востока Адзьявомскую депрессию, Тальбейский, Шарью-Заостренский и Яньюский блоки, образовавшиеся над линейной системой разломов, ограничивающих западный борт Косью-Роговской впадины.

Механизм образования гряды до сих пор остается дискуссионным, а перспективы нефтеносности невыясненными.

На первом этапе, охватывающий ордовикско-нижнепермский период осадочный чехол формировался в условиях пассивной континентальной окраины Восточно-Европейской платформы в режиме перикратонного опускания и трансгрессивно-регрессивных условий осадконакопления. Об этом свидетельствуют установленные мощности отложений и перерывы в осадочном чехле.

2 этап-верхняя пермь - триас сопровождался активным погружением и формированием молассоидных толщ пермско-триасового возраста в процессе интенсивного горообразования на Урале и формировании Предуральского краевого прогиба.

В конце триаса-начале юры в период окончательного замыкания Уральской геосинклинали в последней стадии орогенеза территория примыкающая с юго-запада Урала подвергалась инверсии и тангенциальному сжатию.

Наибольшее напряжение испытали приграничные зоны между устойчивым Большеземельским и подвижным Косью-Роговским блоками.

В этой зоне Урал спровоцировал «бульдозерный эффект», в результате которого породы осадочного чехла в краевой северо-восточной части были скучены и выведены на поверхность.

Юго-западная внешняя зона непосредственно контактирующая с Большеземельским блоком явилась буфером и поэтому испытала тангенциальные напряжения в затухающей стадии, о чем свидетельствует более спокойная тектоническая обстановка.

Адзьявомская депрессия в этом случае сыграла роль природного компенсатора напряжений.

Нефтегенерационный потенциал осадочного чехла данной территории достаточно высокий, нефтегазоматеринскими породами являются традиционные комплексы для Тимано-Печорской провинции в ордовикско-нижнепермской части разреза.

В административном отношении Восточно-Заостренская структура расположена на территории Интинского района в северо-восточной части Республики Коми. Интинский район относится к районам Крайнего Севера (рис. 1).

Геологические исследования в пределах Восточно-Заостренской площади проводились с начала прошлого века и были начаты с изучения выведенных на поверхность сложно дислоцированных палеозойских образований, приуроченных в основном к широтному отрезку долины реки Усы.

В пределах исследуемого района проведены площадные среднемасштабные гравиметрические и аэромагнитные съемки, электроразведочные работы различных модификаций. Сейсморазведочные работами, проведенными в разные годы, были изучены относительно спокойно залегающие образования фундамента и осадочного чехла Косью-Роговской и Хорейверской впадин. Выявлены и подготовлены в бурение антиклинальные складки, изученные впоследствии глубоким бурением: Кочмесская, Усино-Кушшорская, Хоседаю-Неруюская, Берганты-Мылькская и другие, в том числе Восточно-Заостренская и Вожаельская в пределах района исследований.

Наиболее полное представление о строении Восточно-Заостренской структуры получено работами, в результате которых она была подготовлена к глубокому бурению по верхнеордовикско-нижнепермским отложениям (ОГ Iar, IIv, III₁, IV-V и V).

Масштаб 1:200000

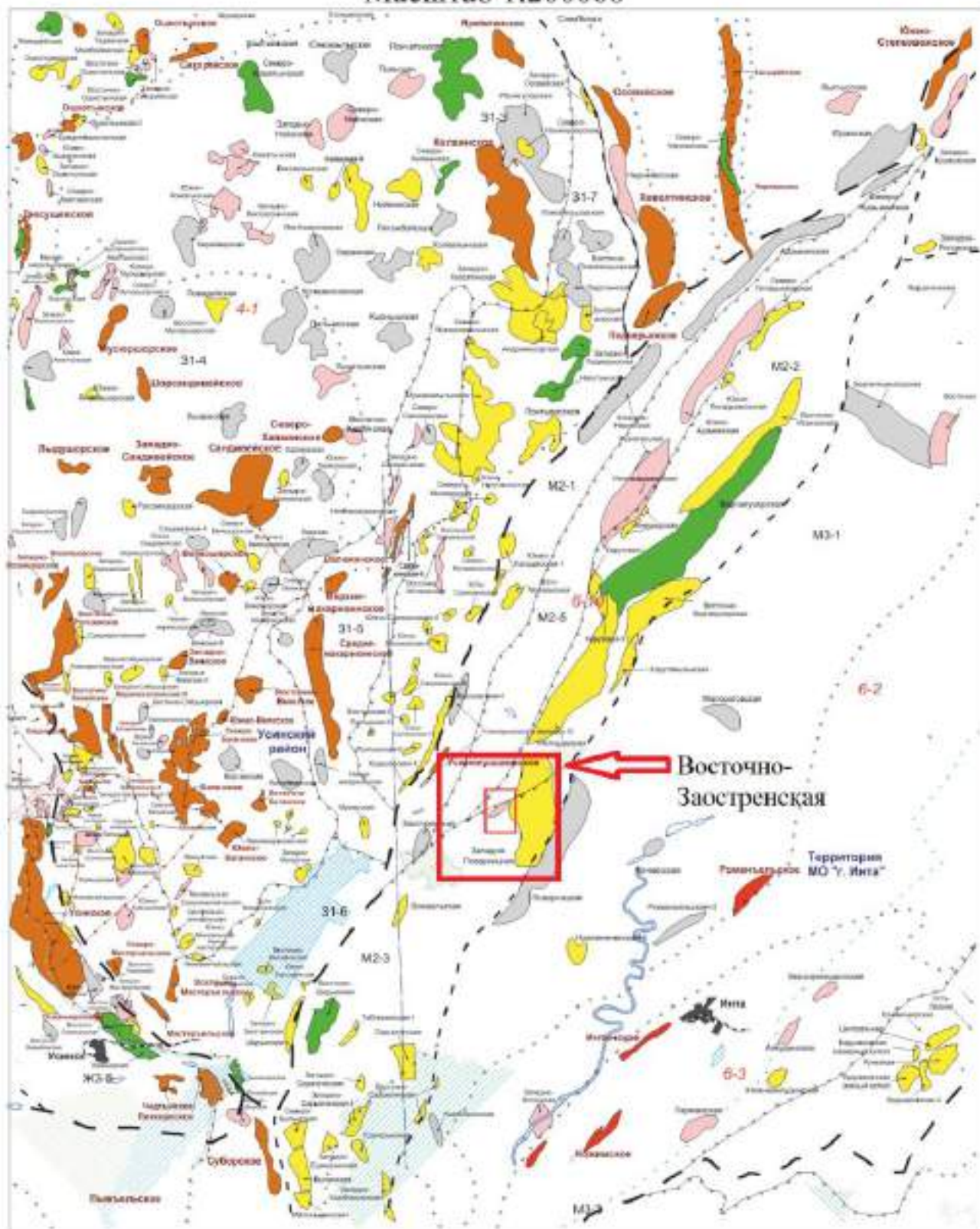


Рисунок 1 – Карта тектонического районирования Тимано-Печорской провинции.

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза, приводится в соответствии с современной стратиграфической схемой Тимано-Печорской провинции (рис.3). Осадочный чехол с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на размывтой поверхности фундамента. В его строении принимают участие отложения палеозойской, мезозойской и кайнозойской групп. Отложения палеозойской группы представлены в объеме ордовикской,

силурийской, девонской, каменноугольной и пермской систем. Автохтонную часть разреза предполагается вскрыть в интервале глубин 2620-4600 м в объеме отложений силурийской системы, нижнего и верхнего отделов девонской системы и нижнего отдела каменноугольной системы. В составе осадочного чехла поднятия Чернышева принимают участие четыре нефтегазоносных комплекса:

- среднеордовикско-нижнедевонский карбонатный НГК;
- доманиково-турнейский карбонатный НГК;
- верхневизейско-нижнепермский карбонатный НГК;
- ниже-верхнепермский терригенный НГК.



Рисунок 2 – Сейсмогеологический разрез по профилю POV04 (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Среднеордовикско-нижнедевонский карбонатный нефтегазоносный комплекс (НГК). Характеризуется доказанной нефтегазопродуктивностью в пределах поднятия Чернышева и в аллохтонной и в поднадвиговой структурной ситуации.

На Южно-Степковожском месторождении залежь нефти связана с нижнедевонскими отложениями. Залежь пластовая, сводовая, тектонически ограниченная. Коллектор представлен доломитами с трещинно-каверново-поровым типом пустотного пространства. Эффективная нефтенасыщенная толщина – 30 метров, коэффициент пористости 10 %. Покрышкой служат плотные глинистые известняки пограничных ниже- и верхнедевонских отложений. Дебит нефти в интервале опробования 4116-4150 метров скважины 1 составил 4,4 м³/сут по ПУ. Этаж нефтеносности 175 метров. Нефть удельного веса 0,89 г/см³, высокосмолистая, парафинистая. Водонефтяной контакт не установлен. Условный уровень подсчета – минус 4000 метров.

Признаки нефтегазоносности установлены в нижнесилурийских отложениях, являющихся основным объектом промышленного освоения ордовикско-нижнедевонского НГК в Хорейверской нефтегазоносной области.

Восточно-Заостренская структура подготовлена к глубокому бурению, в ее контуре планируется пробурить скважину № 1 на карбонатные отложения O₂-D₁ карбонатного НГК. Проектная глубина скважины составляет 3720 м. Проектный горизонт – нижнедевонские отложения.

Прогнозируется сводовая тектонически экранированная ловушка, в карбонатных отложениях лохковского яруса. Коллектор представлен доломитами с трещинно-каверново-поровым типом пустотного пространства. Покрышкой служат плотные глинистые известняки пограничных ниже- и верхнедевонских отложений. Глубина прогнозируемой залежи составляет 3550 м.

Углеводороды на Восточно-Заостренской структуре ресурсы оцениваются по карбонатным отложениям лохковского яруса нижнего девона.

Балансовые ресурсы нефти по категории D₀, подсчитанные по параметрам по аналогии с Южно-Степковожского месторождения, составляют: 41,616 млн. т, извлекаемые ресурсы составили 12,485 млн.т. (рис. 4)

При коэффициенте подтверждаемости 0,7, извлекаемые запасы категории C₁+C₂ по скважине составят 8,739 млн.т., а геологические 29,131 млн.т.

Группа	Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт, горизонт	Серия, свита	Мощность, м	Литологическая колонка	Отражающие горизонты	Литологическая характеристика
Мезозойская	Q	J ₁₋₂					0-100			Суглинки, глины, пески, алевриты, галька, валуны
							0-140			Пески, песчаники, глины, прослой конгломератов, линзы углей
Палеозойская	Q	J ₁₋₂					0->1000			Песчаники, алевролиты, аргиллиты, в основании конгломераты и пластовые тела базальтов
							400->1250			Песчаники с прослоями гравелитов и конгломератов, алевролиты, аргиллиты, угли
							200-400			Песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые глины, угли
							0-250			Песчаники, алевролиты, аргиллиты
							0-230			Вверху песчаники, аргиллиты, алевролиты. Внизу известняки, глинисто-карбонатные породы, аргиллиты, песчаники
							0-140			Известняки с прослоями аргиллитов
							0-205			Известняки детритовые и биогермные, внизу - с прослоями аргиллитов
							0-85			Известняки, желваки кремня
							100-260			Известняки с линзами кремней
							200-375			Известняки с прослоями доломитов. Доломиты с прослоями ангидритов
							180-270			Известняки перекристаллизованные и доломитизированные, доломиты
							30-125			Аргиллиты, алевролиты, песчаники, вверху - известняки
							0-110			Известняки с линзами кремней, тонкие прослой аргиллитов
							0-225			Известняки, известняки доломитизированные, доломиты
							200-260			Известняки сгустково-комковатые, водорослевые, доломитизированные, доломиты.
							155-300			Мергели, аргиллиты, глинистые известняки. Темно-серые и черные битуминозные известняки и мергели, прослой кремней, битуминозных аргиллитов
							15-30			Известняки глинистые, аргиллиты
							25-35			Доломиты седиментационные, ангидриты с прослоями аргиллитов, домеритов
							0-210			Доломиты с прослоями аргиллитов, домеритов
							0-95			Доломиты, известняки с прослоями аргиллитов, домеритов
0-155	Известняки, доломиты, мергели, аргиллиты, домериты									
60-200	Известняки, доломиты									
300-380	Известняки, доломиты									
150-180	Доломиты, известняки с прослоями ангидритов, аргиллитов, домеритов									
270-350	Доломиты вторичные, известняки сульфатизированные, окремненные									
165-200	Доломиты вторичные с включениями и прослоями ангидритов									
250- >800(?)	Доломиты, сульфатно-карбонатные породы с гнездами галита, ангидриты, галит, вверху - аргиллиты, доломиты, сульфаты, домериты, карбонатно-галогенные брекчии									

Рисунок 3 – Сводный литолого-стратиграфический разрез Восточно-Заостренской структуры.

Основной очаг нефтегазообразования был в пределах формировавшегося Предуральского краевого прогиба, где нефтегазоматеринские породы уже в пермское время прошли главные фазы нефтегазообразования и углеводороды мигрировали в сторону Хорейверской впадины на склоны Большеземельского свода, заполняя по пути уже сформировавшиеся к тому времени ловушки антиклинального и неантиклинального типов (рис. 5).

ВОСТОЧНО-ЗАОСТРЕНСКАЯ СТРУКТУРА ПОДСЧЕТНЫЙ ПЛАН ОЖИДАЕМОЙ ЗАЛЕЖИ НЕФТИ В НИЖНЕДЕВОНСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

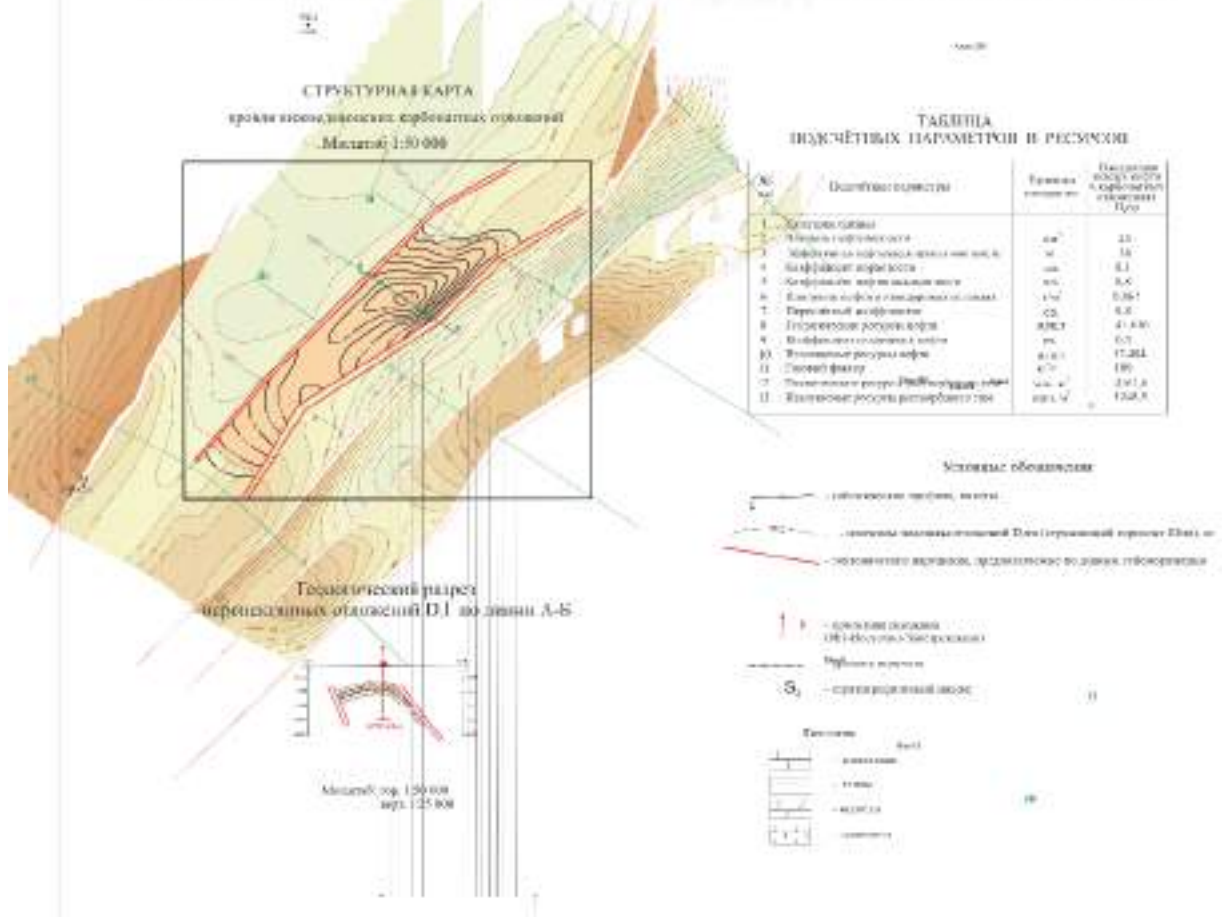


Рисунок 4 – Подсчетный план ожидаемой залежи нефти в нижнедевонских карбонатных отложениях Восточно-Заостренской структуры.

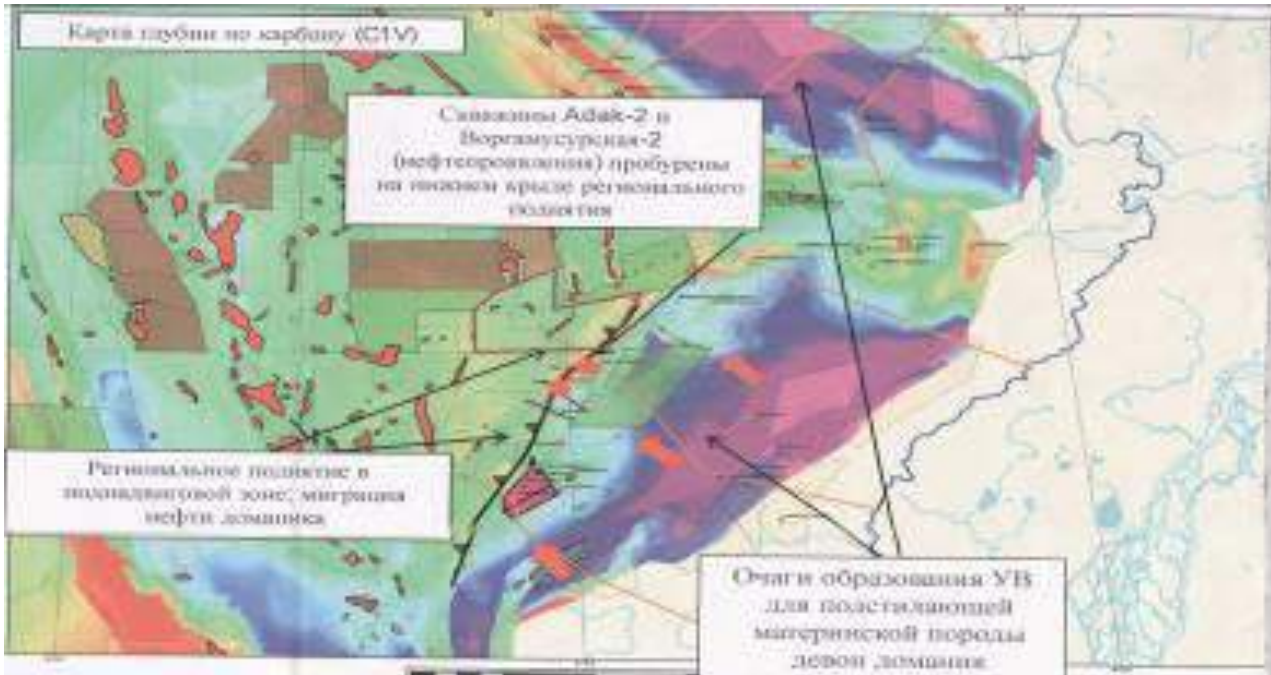


Рисунок 5 – Миграция углеводородов

Для перспективных открытий необходимо реализация программы поисковых работ, которая позволит при открытии залежей прирастить запасы нефти на исследуемой территории и тем самым увеличить ресурсную базу нового нефтедобывающего района.

Библиографический список:

1. Бакиров А.А., Бакиров Э.А. Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр: Книга 1/ А.А. Бакиров, Э.А. Бакиров, Г.А. Габриэлянц, В.Ю. Керимов, Л.П. Мстиславская. – Москва: Недра, 2012. – 412с.
2. Дьяконов, А.И. Теоретические основы и методы прогноза, поисков и разведки месторождений нефти и газа: Учебник / А.И. Дьяконов. – Ухта: УГТУ, 2002. – 327с.
3. Никонов, Н.И. Рациональный комплекс поисково-разведочных работ на нефть и газ [Текст]: курс лекций / Н.И. Никонов. – Ухта: УГТУ, 2006. – 312с.
4. Маракова И. А Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. – Изд-во Перо.-М, 2020.– 90 с.
5. Канева А.И, Отчет о результатах сейсморазведочных работ на Вольминской площади сейсмопартией 12-02 в 2001-2003 г.г.

УДК 553.98(470.13)

Прогноз нефтегазоносности Предуральского краевого прогиба и основные направления геологоразведочных работ (ГРР)

Осколкова М.Д.

Научный руководитель – Сбитнева Я.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Предуральский краевой предгорный прогиб является крупной надпорядковой структурой, вытянутой вдоль западного склона Урала в виде системы крупных компенсационных опусканий, сформировавшихся в зоне сочленения Печорской плиты и Уральской палеозойской геосинклинали в орогенный этап развития последней.

Это один из самых крупных краевых прогибов мира. Его протяженность составляет около 2100 км.

Предуральский краевой прогиб представляет собой глобальную и сложно построенную структуру, переходную от Европейской платформы к Уральской складчато-надвиговой области.

В состав северной части Предуральского краевого прогиба, которая является частью Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, входит система из трех впадин 1-го порядка – с севера на юг это Косью-Роговская, Большесынинская и Верхнепечорская впадины, разделенных между собой грядами Чернышева и Среднепечорским поперечным поднятиями. На севере Предуральский краевой прогиб отделяется от Припайхойско-Приюжноновоземельского мегапрогиба Воркутским поперечным поднятием.

Рассматриваемая территория охватывает Воркутское поперечное поднятие, Косью-Роговскую впадину и гряду Чернышева.

Учитывая неоднозначную историю образования и развития, Предуральский краевой прогиб характеризуется сложным геологическим строением и высокими перспективами, тем самым притягивая особое внимание геологов-ученых-производственников.

Первые геологические построения в пределах такой сложной по своему строению площади Предуральского прогиба, а особенно его восточной части были основаны на данных легких геофизических и общегеологических представлений, накопленных в ходе многолетних и разноплановых исследований, начало которых исходит из экспедиций Русского географического общества середины XIX века. К направлениям геологоразведочных работ в разные исторические периоды относились геологическое картирование, поиски месторождений угля и других твердых полезных ископаемых, научно-исследовательские и тематические

работы по различным областям геологической науки, региональные и крупномасштабные геофизические исследования. В пределах рассматриваемой территории проведены гравиметрические, магнитометрические, электро-и сейсморазведочные исследования, результаты которых внесли значительный вклад в формирование взглядов на тектонику и нефтегазоносность района.

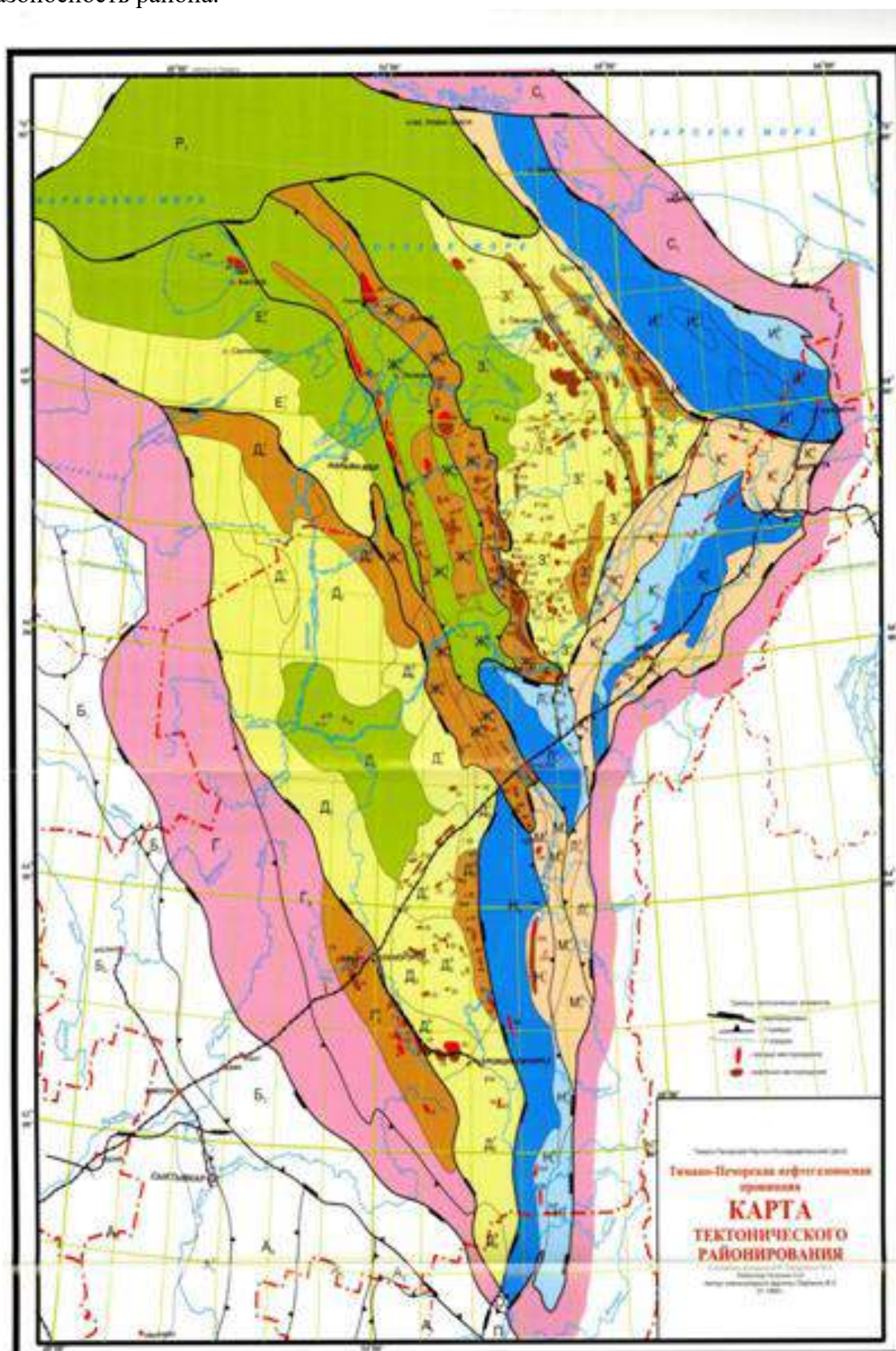


Рисунок 1 – Карта тектонического районирования Тимано-Печорской провинции.

По причине недостаточного изучения сложно построенной территории Полярных и Приполярных районов Урала последующие геологоразведочные работы привели к открытию лишь небольших и средних по размерам нефтегазоконденсатных (Западно-Соплесское, Юрвож-Большелягское, Интинское) и нефтяных месторождений (Падимейское, Кожимское, Южно-Сынинское и др.).

Состояние газовой отрасли на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП), обладающей развитой добывающей промышленностью, транспортной системой и научно-техническим потенциалом, характеризуется крайним истощением разведанных запасов газа, что предопределило прогрессирующее на протяжении последнего десятилетия снижение уровня его добычи.

Несмотря на среднюю степень разведанности принятых начальных суммарных ресурсов свободного газа (не более 40 % по провинции), обусловленную в основном разведанностью северной части Денисовского прогиба, юга Печоро-Кожвинского мегавала и севера Верхнепечорской впадины (Вуктыльское нефтегазоконденсатное месторождение), Тимано-Печорская провинция обладает большим газовым потенциалом. Незученными практически остаются значительные по площади территории Предуральского краевого прогиба. В первую очередь это относится к Приполярным районам прогиба, которые могут являться базой дальнейшего развития газовой отрасли провинции и актуальность освоения которых связывается с развитием действующей газотранспортной системы «Ямал-Европа». Под Приполярными районами Предуральского краевого прогиба подразумеваются Косью-Роговская впадина, поднятия Чернышева и Чернова и прилегающий к впадине с востока западный склон Уральской складчато-надвиговой области.

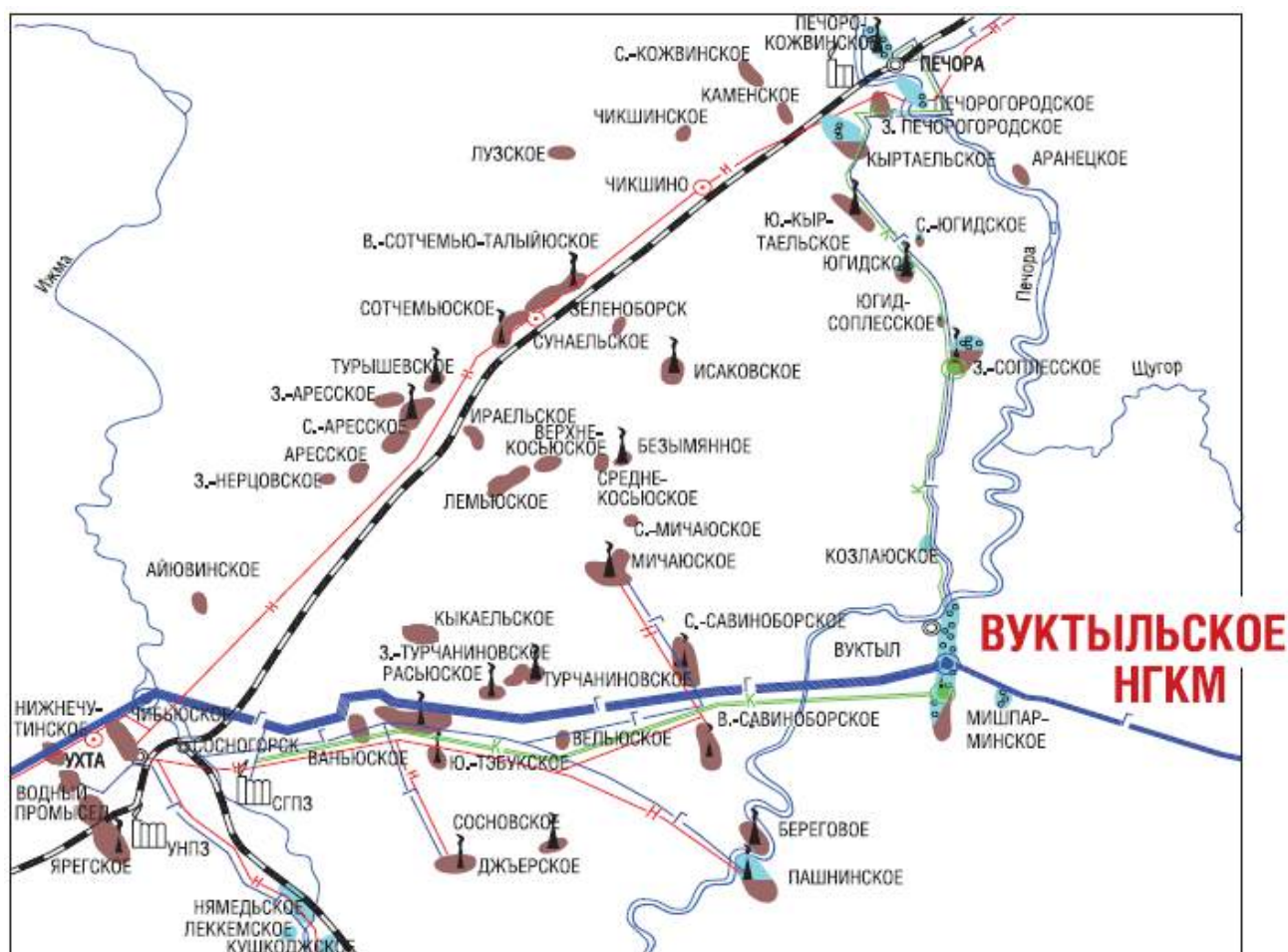
Изучением геологического строения районов, а также проблемой их нефтегазоносности занимались в различные годы выдающиеся ученые, производственники: Л.Н. Беляков, Л.Т. Белякова, В.И. Богацкий, К.Г. Войновский-Кригер, В.А. Дедеев, Б.Я. Дембовский, А.И. Елисеев, И.В. Запорожцева, Н.А. Малышев, В.П. Пучков, С.Н. Сивков, Б.И. Тарбаев, Н.И. Тимонин, П.А. Туманов, В.В. Юдин и многие другие.

Мощным толчком к изучению прогиба послужило открытие в 1964 году (рис. 2) крупнейшего Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения (промышленная нефтегазоносность связана с нижне-пермско-каменноугольной газоконденсатной залежью (P1-C), которая находится в аллохтонной части разреза) в Верхне-Печорской впадине, одной из структур на юге Северо-Предуральской нефтегазоносной области (НГО).

Несмотря на длительный и разносторонний характер изучения рассматриваемых районов, появление новых геолого-геофизических данных и теоретических предпосылок, которые свидетельствуют о расширении площади перспективных земель Тимано-Печорской провинции процесс опосредования Предуральского прогиба значительно усложнился, особенно после ликвидации единой геологической службы в Республике Коми и перехода на лицензирование перспективных территорий. Нарушился принцип единства методологического и методического подхода к прогнозу и поискам месторождений в столь сложном и уникальном регионе.

Сегодня, исследуя эволюцию взглядов на формирование и прогноз нефтегазоносности Предуральского краевого прогиба авторы статьи делают попытку анализа неудач и низкой эффективности поисково-разведочных работ в данном регионе.

Современное представление о строении Предуральского краевого прогиба приведено на карте Тимано-Печорской провинции и на разрезе (рис. 3). В нем выделяются крупные впадины, разделенные поперечными поднятиями. Особенностью геологического строения прогиба является широкое распространение разломов и надвиговой тектоники, генезис которых связан с процессами субдукции на завершающих этапах развития Урало-Монгольского подвижного пояса. Осадочный чехол, представленный отложениями от ордовика до триаса, разделяется на следующие структурные этажи: ордовикско-нижнедевонский, среднедевонско-нижнепермский средневерхнепермско-триасовый.



Наименование	Значение
Степень освоения	разрабатываемое
Стадия разработки	4
Количество скважин	77
Размер по величина извлекаемых запасов	среднее
Запасы газа по классификация МПР (Приказ 477):	
С2 (оцененные)	388,100 млрд м³

Рисунок 2 – Вуктыльское нефтегазоконденсатное месторождение.

В структурно-тектоническом строении прогиба хорошо выделяются внутренняя зона прогиба в составе Прилемвинской складчато-покровной зоны, центральная зона, фактически не затронутая структурными деформациями, и внешняя зона, которая была образована системой встречных надвигов (или поддвигов/вдвигов).

До становления плитной тектоники, главенствующей была тектоника вертикальных движений (геосинклиальная, фиксисткая). Строение прогиба представлялось как ступенчатое погружение блоков в сторону Урала. Горизонтальным движением придавалось подчиненное значение.

Тектоника литосферных плит, которая прочно вошла в трактование геологических процессов при формировании Земной коры в 70-80 годы в значительной мере скорректировала тектоническую модель формирования и строения основных элементов Тимано-Печорского региона и, в частности, Предуральского краевого прогиба.

Базовая модель формирования северного сегмента Предуральского краевого прогиба, основанная на концепции литосферных плит наглядно представлена в работе Юдина В. В., Деева В. А., Малышева Н. А. и сводится к следующему: Предуральский крайовой прогиб

формировался долгое геологическое время в зоне субдукции (поддвига) океанической коры пассивной окраины Восточно-Европейской платформы под активную часть Сибирской платформы в пределах Уральского палеокеана (геосинклинальная область) на ранних стадиях своего развития.



Рисунок 3 – Геологический разрез по профилю I-I' (по данным ООО ТП НИЦ)

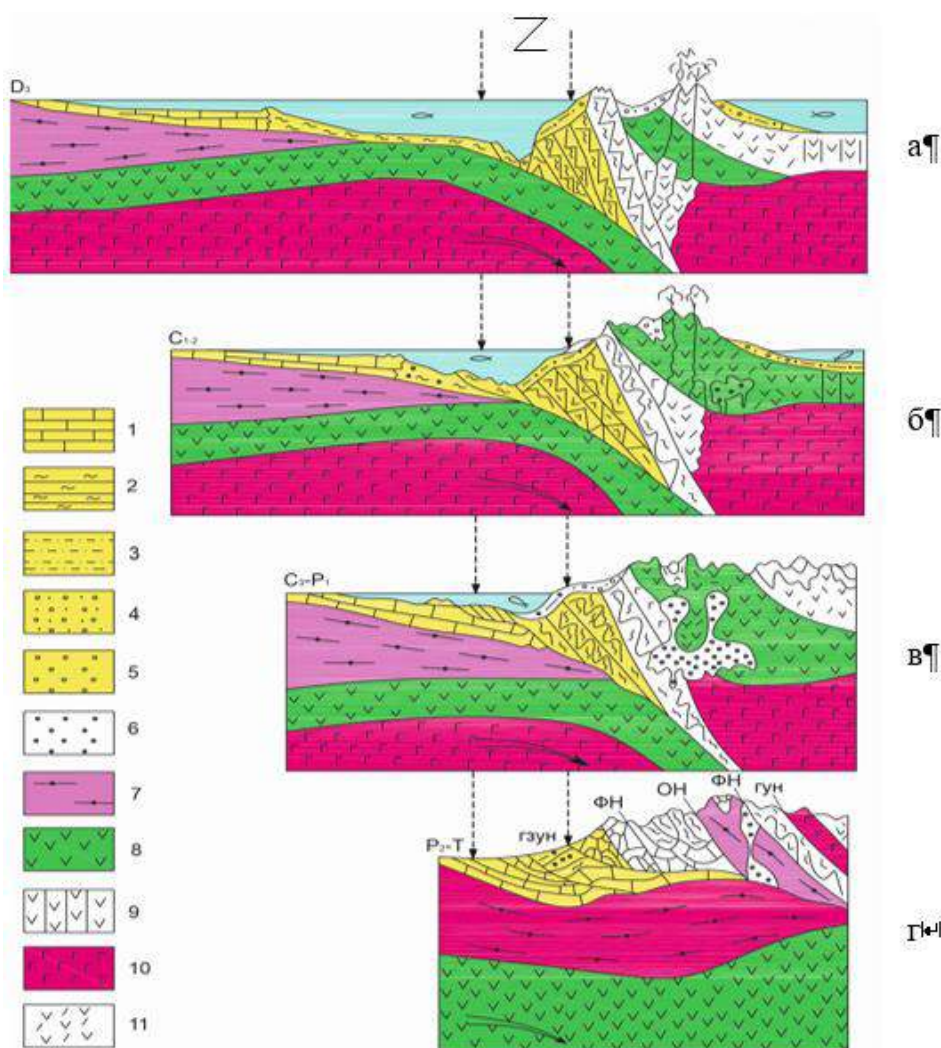


Рисунок 2 - Схема формирования Предуральяского краевого прогиба согласно «геодинамической» концепции на широте верхнем Печоры (Юдин В. В., 1988 г.).

Z-фиксированная зона перегиба мантийного тона (выраженная желобом, эволюционирующий в краевой прогиб); 1-6-основные формации: 1-карбонатная шельфовая, 2-глинисто-кремнистая батинальная и абиссальная, 3-флишевая, 4-нежнемолаассовая, 5-верхнемалассовая, 6-гранитоидная; 7-11-основные комплексы формаций: 7-«гранитно-метаморфического» слоя, 8- «базальтового» слоя, 9-новообразованной океанической коры, 10-верхней мантии, 11-новообразованной континентальной коры; ГЗУН-Главный западноуральский надвиг; ФН-Фронтальный надвиг; ОН-Осевой надвиг; ГУН-Главный уральский надвиг

Суть его отображена на рисунке 2 и в общих чертах, представляет следующую геолого-тектоническую последовательность:

- средне-верхнедевонское время: начало формирования прогиба как структуры, которое происходило на океанической коре и представляла собой компенсированный глубоководный желоб, заполненный орогенным флишем;

- в раннем-среднем карбоне: в процессе субдукции океанической коры под континентальную, желоб трансформировался в краевой прогиб и стал заполняться флишем и нижней молассой, образованной размывом аккреционной призмы и вулканической островной дуги окраины сибирского континента;

- в конце карбона ранней перми: субдукция стала блокироваться лёгкой континентальной корой и прогиб вследствие изостазии стал исчезать, как геоморфологическая единица;

- в поздней перми-триасе: прогиб практически не выражался в рельефе и заполнялся континентальной и мелководной молассой за счёт размыва Уральского орогена.

Несмотря на сложное геологическое строение и высокие перспективы открытия новых месторождений газа и нефти изученность территории достаточно низкая и неравномерная.

На основании вышеизложенного, для повышения эффективности геологоразведочных работ автор выделил основные направления:

Преимущественно нефтяное направление.

Кочмесский НГР. Основными объектами разведки могут являться: Кочмесское поднятие-рифогенные объекты в доманиково-турнейском и верхневизейско-нижнепермском НК. Здесь ожидаются одиночные рифы и ассоциация рифогенных объектов (карбонатные банки, атоллы).

Воркутский НГР.

В пределах Воркутского преимущественно нефтеносного района основным объектом самого пристального внимания является крупнейшее Ярвожское поднятие.

Перспективный нефтеносный резервуар в верхнем девоне представлен рифогенными и депрессионными отложениями. Полученные в пробуренных скважинах на Ярвожском поднятии мощные притоки воды (>200 м³/сут) говорят о благоприятных фильтрационно-емкостных свойствах перспективного резервуара.

Близость города Воркуты, железной дороги, магистрального газопровода делают опосредованное Ярвожское поднятия достаточно актуальным.

Здесь предлагается проведение сейсморазведки МОГТ-3D с целью выявления и оконтуривания рифогенных объектов. Дополнительно в комплексе рекомендуется выполнить высокоточную гравиразведку М:1:10000. Направленно провести геолого-геофизические исследования по изучению ордовикских солей.

По результатам геолого-геофизических исследований провести бурение поисковых скважин на рифы и параметрической скважины на максимально технически возможную глубину.

Преимущественно газовое направление.

Наиболее перспективны к открытию газовых месторождений-Интинско-Лемвинский НГР, который приурочен к двум активным тектоно-динамическим подзонам: Интинской складчато-чешуйчатой и Прилемвинской складчато-покровной. Характеризуются двухъярусным строением (автохтон и аллохтон); наличием сложно построенных структурно-надвиговых ловушек в аллохтоне с широким развитием вторичных трещинных коллекторов тектонодинамического происхождения, покрышками средней надежности, повышенным содержанием сероводорода в аллохтонной части разреза.

Автохтонная часть менее подверженная структурным преобразованиям в результате горообразовательных процессов на Урале, слабо изучена, имеет неоднозначный сейсмический материал, но при этом сохраняет возможность наличия крупных скоплений газа.

В Интинской зоне газонефтенакопления рекомендуется изучение автохтонной части на открытых месторождениях с выполнением сейсморазведки МОГТ 3D и бурением поисковых скважин на глубине до 6000 м до вскрытия силурийско (возможно) нижнедевонских отложений.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- Северо-Предуральская НГО, в силу геологических, социальных и экономических причин требует самого пристального и предметного внимания. Будущее по воспроизведению крупной сырьевой базы для развития газодобычи в Республике Коми принадлежит этому региону, который может стать надежным крупным источником для развития производительных сил на Европейском Севере.

Библиографический список:

1. Бакиров А. А [и др.] Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа: учеб. для вузов. В 2-х кн; под ред. Э. А. Бакирова и В. Ю. Керимова. – 4-е изд., перераб и доп. – Кн. 1: Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. – М.: Недра, 2012. -412 с. : ил.
2. Богданов А. А. Некоторые замечания о краевых прогибах / А. А. Богданов // Вестн. МГУ. - 1955. - № 8. - С. 3-18. - (Геология).
3. Богданов Б. П., Ростовщиков В. Б., Недилук Л. П., Маракова И. А., Сенин С. В. Тектонические и геохимические предпосылки нефтегазоносности гряды Чернышева // нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т.11. - № 2.
4. Грунис Е. Б., Ростовщиков В. Б., Сбитнева Я. С., Большакова Ю. А ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Москва, Россия // научно-технических журнал Геология нефти и газа № 3 - с. 57-65

УДК 553.982.2(470.13)

Анализ размещения и изменения свойств нефтей в терригенных отложениях пермско-триасового возраста в северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

Осколкова М.Д.

Научный руководитель – Маракова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Российские запасы тяжелой, высоковязкой нефти и природных битумов оцениваются в 6-7 млрд.т. В печорском седиментационном бассейне на долю тяжелых нефтей приходится порядка 40% от общего баланса запасов нефтяных углеводородов. На территории Тимано-Печорской провинции (ТПП) тяжелые нефти составляют примерно треть извлекаемых запасов нефти. Добыча тяжелой нефти на ТПП несоизмерима с ее долей запасов и в настоящее время составляет менее 15% суммарной добычи нефти в регионе. Всего на территории ТПП расположено более 40 месторождений тяжелых нефтей, основные запасы сосредоточены в Тиманской, Хорейверской, и Варандей-Адзвинской нефтегазоносных областях. При этом основная часть запасов (95%) связана с десятью крупнейшими месторождениями (Ярегское, Торавейское, Усинское, Западно-Хоседаюское и др.). В Республике Коми большое внимание уделяется состоянию разработки залежей высоковязкой нефти, запасы которой составляют существенную часть в общем балансе запасов разрабатываемых месторождений [1].

В Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции залежи тяжелых нефтей распространены в широком стратиграфическом диапазоне от ордовикских до верхнетриасовых отложений. Образование большинства залежей тяжелых нефтей верхних комплексов (Р-Т) в тектонически нарушенных областях обусловлено вертикальной миграцией УВ из нижних горизонтов.

Выполнен анализ физико-химических параметров нефтей месторождений, которые размещены в Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоне.

Варандей-Адзвинская структурная зона представляет собой древнюю зону рифтовой природы, выраженную по верхним горизонтам осадочного чехла инверсионными линейными валами, разделенными узкими прогибами. Она характеризуется чередованием валов и депрессий, выраженных по всему разрезу осадочного чехла.

В пермско-триасовых отложениях нефти незначительной вязкости. Параметры варьируются от 0,9 до 0,96 мПа*с. Нефти малосмолистые, но и присутствуют смолистые (Южно-Торавейское месторождение), малопарафинистые (содержание парафинов менее 1,5%) и парафинистые (более 6%, как в Южно-Торавейском месторождении). Нефти высокосернистые (показатели варьируются от 1,81% до 3,5%).

В Северо-Гуляевском месторождении нефти отличаются низкой плотностью по сравнению с остальными месторождениями пермско-триасовых отложений. Содержание парафинов и серы значительно низкое, как и вязкости.

Плотность нефтей Лабаганского месторождения значительно высока по сравнению с остальными и составляет 0,96 г/см³. Содержание смол 18%, что свидетельствует о малосмолистости нефти в данном месторождении. Показатели серы 2,27% и парафинов 0,72%. Нефти высокосмолистые (превышает 15% содержания смол), малопарафинистые, высокосернистые.

Наульское месторождение содержит нефти плотностью 0,95 г/см³. Содержание серы 2,6%, парафина 11,82%, смолы 18,22%. Нефти высокосмолистые (превышает 15% содержания смол), парафинистые, высокосернистые.

Южно-Торавейское месторождение включает в себя нефти плотностью 0,952 г/см³. Содержат серы 0%, парафина 0,32%, смолы 15,27%, вязкость 10%. Нефти высокосмолистые (превышает 15% содержания смол), малопарафинистые, с повышенной вязкостью, малосернистая.

Торавейское месторождение содержит нефти вязкостью 0,96 г/см³, плотностью 0,937 г/см³, содержанием парафинов 2,39%, смолы 14,64%, серы 0,05%. Нефти смолистые (от 5-15% содержания смол), среднепарафинистые, незначительной вязкости, малосернистые.

В Варандейском месторождении нефти 0,931% плотности содержат. Парафины 0,82%, смолы 12,28%, вязкостью 66,79%, сера 2,24%. Нефти смолистые (от 5-15% содержания смол), малопарафинистые, высоковязкие, высокосернистые. (см. Рис. 1)

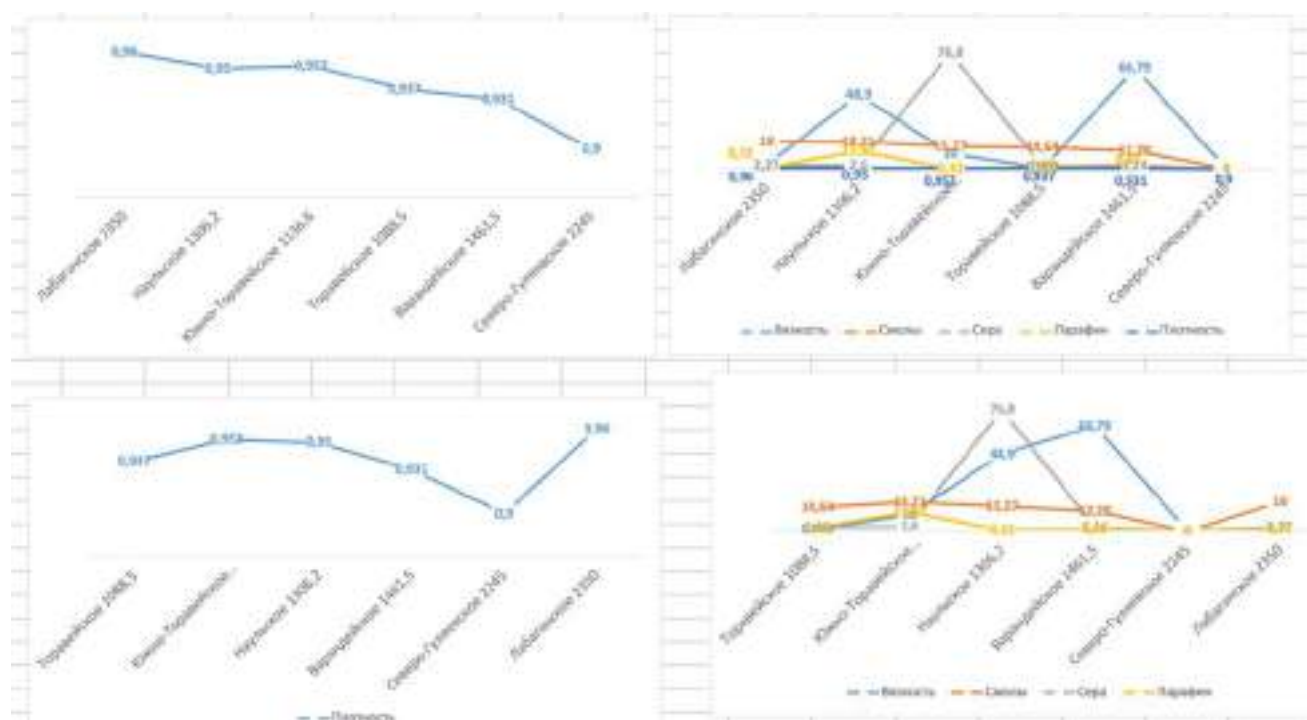


Рисунок 2 - Классификация нефтей по составу

По литологическому составу коллектора являются терригенными (пески, алевриты, песчаники, алевролиты и глины).

Исходя из вышеприведенного анализа можно сделать вывод, что в пермско-триасовых отложениях с уменьшением содержания парафина наблюдается повышение вязкости. Так же наблюдается тенденция к снижению содержания серы, что свидетельствует о повышении показателей смолы.

Триасовый НГК продуктивен и в акваториальной части ТП НГП (Варандейское месторождение в Варандей-Адзвинской НГО). На Варандейском месторождении залежи нефти в терригенных коллекторах чаркабожской и харалейской свит нижнего триаса продолжают с суши в акваторию, находятся на глубине 1,3...1,6 км. Плотность нефти в пластах чаркабожской свиты – 903 кг/м³, концентрация парафинов – 1,5 %, смол и асфальтенов – 12...15 %, содержание растворенного газа – 40...44 м³ /т. Нефть верхней залежи в отложениях харалейской свиты обладает большей плотностью – 961 кг/м³, содержит меньше парафина – 0,93 % и больше серы – 2,7 %, запасы которой учтены в качестве промышленных. Концентрация асфальтовосмолистых веществ – 12,3 %, содержание растворенного газа – 36,4 м³ /т. Попутный газ всех залежей низкоазотный (1,8...3,6 %), низкоуглекислый (менее 1 %).

Распространение различных по физико-химическому составу тяжелых нефтей связано с процессами биохимического и физического разрушения нефтяных систем. Неоднократное сокращение площадей осадкообразования и инверсионные тектонические движения приводили к дегазации недр и разрушению нефтяных залежей в зонах палеогипергенеза.

Распределение залежей по фазовому составу и вещественным характеристикам в разрезе возможно не соответствует теоретической вертикальной зональности, имеет более сложный характер, свидетельствующий об образовании залежей УВ в системе пространственно разобщенных очагов генерации, содержащих разновозрастные материнские толщи [2].

Библиографический список:

1. Л.А. Анищенко, О.В. Валяева, О.С. Процько, О.Ф. Разманова Тяжелые нефти Тимано-Печорской провинции: Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014 г. 11-12 стр.
2. Н.С. Данилевская Особенности состава углеводородных флюидов Баренцевоморского региона: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов, ПАО «Газпром», Научно-технический сборник – ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. 2021 г. 213 стр.

УДК 550.8.052

Комплексный подход к изучению перспектив нефтегазоносности Верхнепечорской впадины

Вельтистова О.М., Сабельников М.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция (ТПП) является одним из важных регионов нефтегазодобычи и прироста запасов углеводородов России. Потенциальные возможности недр провинции оцениваются достаточно высоко для поддержания уровня добычи и расширения сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности. Однако, несмотря на высокую оценку перспектив нефтегазоносности, в провинции существуют территории, характеризующиеся относительно слабой геолого-геофизической изученностью.

Верхнепечорская впадина (ВПВ), по сравнению с другими структурами первого порядка провинции, менее изучена и весьма перспективна для открытия новых месторождений углеводородов. Большие толщины осадочного чехла - до 10 км, площадь - более 20 тыс. км², наличие в разрезе нефтегазоносных и нефтегазоперспективных комплексов отложений и уже открытых месторождений УВ в пределах и вблизи исследуемой территории позволяют говорить о высоких перспективах впадины.

На сегодняшний день перспективы открытия залежей нефти и газа в ВПВ большинством исследователей связываются, в основном, с поисками скоплений УВ в рифогенных массивах доманиково-турнейского комплекса, а также карбонатным и терригенным отложениями визейского яруса.

Тектоническое районирование ВПВ.

Верхнепечорская впадина относится к южному окончанию северного сегмента Предуральского краевого прогиба Тимано-Печорской плиты и является структурой первого порядка, простираясь в субмеридиональном направлении на 480 км при ширине от 45 км в центральной части до 60-70 км на севере, 60-85 км на юге (рис 1).

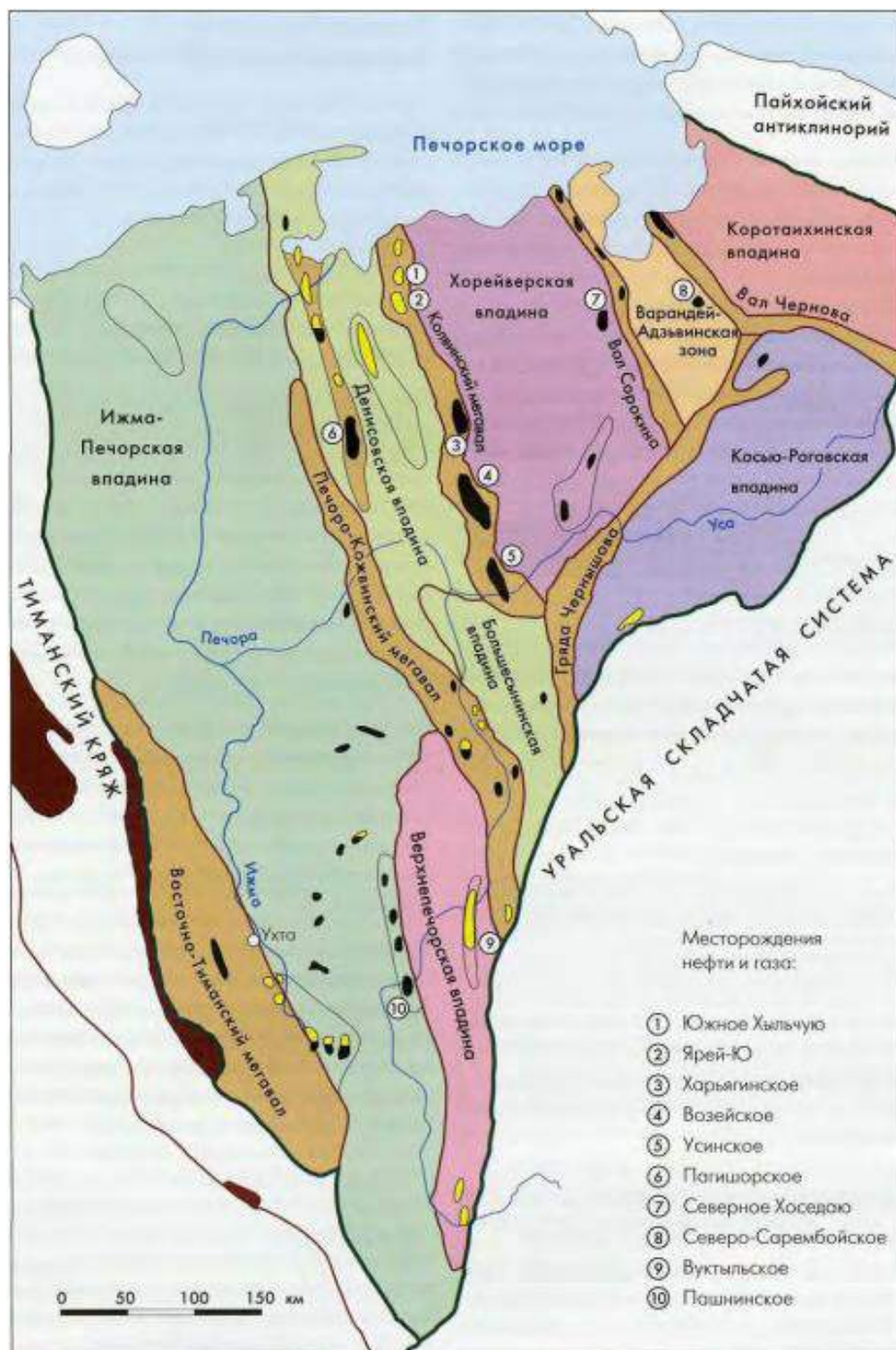


Рисунок 1 – Тектоническая карта

В тектоническом плане впадина приурочена к краевой части Тимано-Печорской плиты. По морфологии локальных структур впадина разделяется на внешнюю, осевую и внутреннюю зоны, отличающиеся разной степенью влияния уральского складкообразования. Границы впадины на северо-востоке проходят по Печоро-Кожвинской зоне разломов, которая ограничивает с юго-запада Печоро-Кожвинский мегавал. Южным ограничением впадины является Полюдово-Колчимская структурная зона, разделяющая Соликамскую и Верхнепечорскую впадины. Восточная граница Верхнепечорской впадины по осадочному чехлу проходит по главному Западно-Уральскому надвигу, выделяющемуся в виде серии кулисообразно расположенных нарушений. Такое разграничение справедливо лишь для аллохтонной части разреза. Автохтонные образования, включающие нижнепалеозойские отложения, слабо нарушены и распространяются далеко на восток под надвинутой частью Западно-Уральской складчато-надвиговой области. Западная граница впадины достаточно условна. В северной половине впадины она обычно проводится по зоне бескорневых малоамплитудных Мичаю-Пашнинских дислокаций, а южнее, где они отсутствуют, - вдоль границы резкого увеличения мощностей раннепермских (артинско-кунгурских) терригенных молассовых отложений (орогенного комплекса). Фундамент залегает на глубинах от 4 км до 9 км. Осадочный чехол наиболее погруженной восточной части впадины, граничащей с Западно-Уральской складчато-надвиговой зоной, более чем на половину сложен пермским орогенным комплексом.

Западная (внешняя) зона впадины выделяется как Печоро-Илычская моноклираль – структура второго порядка в составе Верхнепечорской впадины. В осевой зоне впадины выделена Южно-Вуктыльская синклираль.

Внутренняя приуральская зона Верхнепечорской впадины осложнена серией высокоамплитудных надвигов и характеризуется чешуйчато-надвиговым строением. Складки и надвиги внутренней зоны Верхнепечорской впадины в плане образуют линейную систему дислокаций, выпуклую к западу.

К внутренней части впадины относятся Вуктыльская тектоническая пластина, Сарьюдинская складчато-чешуйчатая зона, Курьинская антиклинальная зона, Патраковская складчато-покровная зона, Говорухинско-Немыдская складчатая зона. Эти крупные антиклинально-чешуйчатые структуры представляют собой головные части отдельных тектонических пластин, погружающихся к востоку под надвиговые дислокации Главного Западно-Уральского надвига. Такое разграничение характерно лишь для аллохтонной части разреза. Автохтонные образования, включающие нижнепалеозойские отложения, слабо нарушены и распространяются далеко на восток под тектоническими пластинами аллохтонного комплекса.

Геолого-геофизическая изученность ВПВ.

На территории Верхнепечорской впадины на Государственном балансе числятся восемь месторождений: Козлаюское (газовая залежь C_{1v} возраста), Вуктыльское (нефтегазоконденсатные залежи D_3fm_3 , C_{1v} , C_{2b} , C_{2m} , C_3-P_1 возраста), Мишпарминское (газоконденсатная массивная залежь $C_{2m}-C_3$ возраста), Юрвож-Большеелягское (газоконденсатная залежь D_3 возраста), Рассохинское (газовые залежи P_{1ag} , $C_3+P_{1a}+P_{1s}+P_{1ag}$ возраста), Курьинское (газовая залежь P_{1k} возраста), Патраковское (газовая залежь C_{1bb} возраста), Анельское (газовая залежь $C_3 - P_{1s}+P_{1ag}$ возраста). В пределах впадины находятся 7 подготовленных к бурению структур – Шорьельская, Восточно-Шорьельская, Андюгская I, Андюгская II, Восточно-Пачгинская, Изьяюская, Южно-Лыаяюская и восемь структур находятся в фонде структур выведенных из бурения, тринадцать структур находятся в фонде выявленных.

В пределах Верхнепечорской впадины начиная с 50 годов 20-го века до настоящего времени проводились планомерные работы по ее изучению. Выполнен определенный объем региональных работ, на основании которых в дальнейшем планировались поисковые и детальные работы. На первом этапе проводились региональные грави-, магнито-, электроразведочные работы.

Начиная с 70-х годов начались исследования сейсморазведкой МОВ. В конце семидесятых годов с целью изучения северной части Верхнепечорской впадины и зоны сочленения ее с юго-западным склоном Печоро-Кожвинского мегавала проведены первые

сейсморазведочные исследования методом общей глубинной точки (МОГТ) поискового характера. Это позволило значительно увеличить глубинность исследований вплоть до поверхности фундамента.

Верхнедевонские рифовые объекты в Верхнепечорской впадине выявлены в 80-е годы прошлого столетия по результатам проведенных здесь сейсморазведочных работ МОВ и МОГТ масштаба 1:50000. В разрезе франско-фаменских отложений были закартированы локальные рифовые структуры: Новая, Диньюская, Шоръельская, Юрвож-Большелягская и др.

В 1990–2000-е годы выполнены тематические обобщения материалов геологической съемки, грави-, магнито- и электроразведки, площадной сейсморазведки, бурения скважин. Выделенные ранее отдельные купола и рифовые постройки доманиково-турнейского возраста объединены в крупную атолловидную карбонатную Верхнепечорскую банку. В последние несколько лет в пределах впадины выполнены работы по переобработке и переинтерпретации сейсмических данных прошлых лет, выделены и протрассированы зоны развития рифогенных объектов в доманиково-верхнефранской и фаменской частях разреза, уточнены границы Верхнепечорской карбонатной банки.

Практически весь объем сейсморазведочных работ, выполненных в Верхнепечорской впадине, был нацелен на выявление ловушек углеводородов в карбонатных отложениях верхнего девона.

Ресурсный потенциал.

Верхнепечорская впадина считается старым районом нефтегазодобычи в пределах Республики Коми. Хотя рифовые объекты в изучаемом регионе не всегда перекрываются надежными флюидопорами, риски поискового бурения на эти объекты вполне приемлемы. Ожидаемые величины извлекаемых запасов легкой нефти в органогенных постройках палеозоя находятся в диапазоне от сотен тысяч до десятков миллионов тонн.

Помимо органогенных построек, в Верхнепечорской впадине весьма перспективными являются локальные объекты в терригенных отложениях как среднего девона, нижнего карбона (баровые ловушки, зоны выклинивания песчаников), так и верхней перми-триаса (русловые песчаные острова палеорек). При этом даже мелкие залежи окажутся рентабельными в разработке, поскольку плотность запасов в них будет изменяться от 50 до 500 тыс. тонн на 1 км², а дебиты скважин могут достигнуть сотен тонн в сутки. Инфраструктура здесь также благоприятна для быстрого ввода в разработку открываемых залежей.

Помимо органогенных построек, в Верхнепечорской впадине весьма перспективными являются локальные объекты в терригенных отложениях как среднего девона, нижнего карбона (баровые ловушки, зоны выклинивания песчаников), так и верхней перми-триаса (русловые песчаные острова палеорек).

Комплексный подход к изучению района.

Основной задачей комплексного подхода в геофизике является создание схем эффективного совместного использования различных геофизических методов при решении геологических задач. Комплексование применяется для увеличения достоверности заключений, получаемых при помощи отдельных методов. Рациональные комплексы геофизических методов составляются на основе априорных физико-геологических моделей. Комплексная интерпретация данных геофизических методов базируется на создании многопризнаковой модели, когда каждый элемент физико-геологической модели характеризуется множеством геофизических величин различной природы.

Территория ВПВ сейсморазведкой изучена достаточно слабо. Площадь покрыта равномерно редкой сетью профилей 2D. Плотность этой сети 0,812 км/кв. км.

Необходимость комплексирования геофизических методов обусловлена тем, что каждый из методов, во-первых, теоретически некорректен, т.е. малым изменениям сигналов от изучаемых объектов могут соответствовать большие изменения их физико-геометрических параметров. Во-вторых, по мере увеличения глубинности разведки уменьшается отношение величины сигнала к уровню геологических и технических помех. По этим причинам определение геометрических и физических параметров аномалосоздающих объектов

оказывается неоднозначным. Для ограничения некорректности необходима дополнительная информация: применение ряда методов с разными физическими основами, уровнем некорректности и точности разведки, использование параметрических скважин, с помощью которых можно определить петрофизические характеристики объектов, уточнить их геометрические размеры.

Поскольку разведываемые объекты характеризуются многообразием свойств и связей, то геологическая эффективность при их изучении в общем случае станет тем выше, чем более широким будет комплекс.

Основы для комплексирования геофизических методов — физико-геологическая модель (ФГМ) исследуемого объекта и методический опыт работ при решении аналогичных задач в сходных геологических условиях. ФГМ — максимально приближённое к реальным условиям обобщённое и формализованное представление об основных геологических и физических характеристиках изучаемого объекта и вмещающей среды.

Наиболее распространённый вариант комплексного подхода к изучению региона — комплексная интерпретация данных грави- и сейсморазведки.

Одним из наиболее перспективных подходов к комплексной интерпретации геофизических данных является сейсмофациальный анализ. Сейсмофациальный анализ — описание и геологическая интерпретация параметров сейсмических отражений, включая их конфигурацию, непрерывность, амплитудно-частотный спектр и интервальные скорости.

С учетом фациальных моделей, фациальной зональности и данных бурения скважин были проинтерпретированы временные поля по сейсмическим и региональным профилям 21 РС и 22 РС вкост исследуемой части Верхнепечорской впадины. Сейсмофациальный анализ, выполненный для турнейско-девонской части осадочного чехла, позволил выделить сейсмокомплексы, дать их характеристики и разделить на типы разрезов, а также выделить объекты (рис. 2).

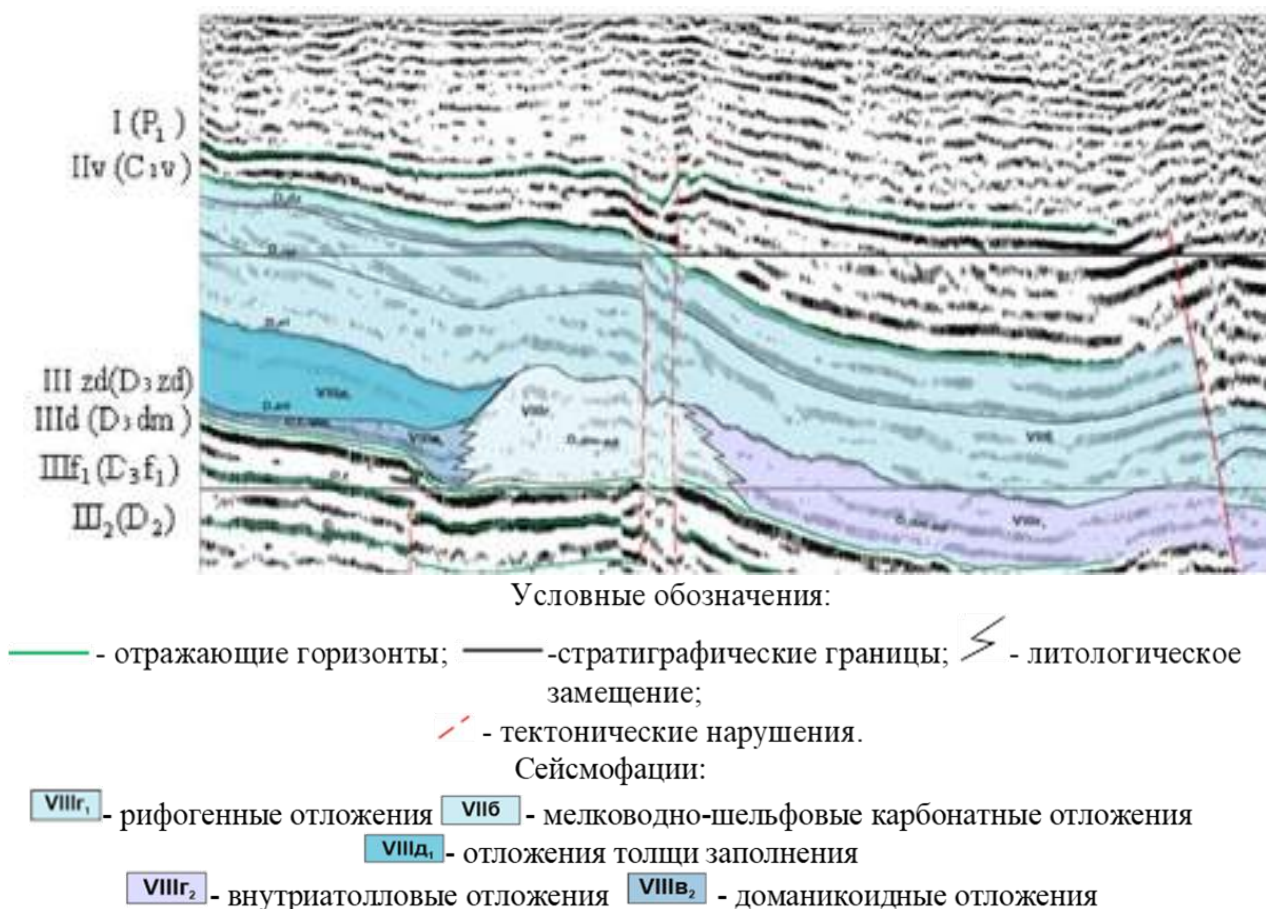


Рисунок 2 – Пример применения методики сейсмофациального анализа (профиль 22 РС).

При недостатке сейсмических данных эффективным средством анализа и геологического истолкования потенциальных полей является вычисление трансформаций поля – пересчет поля в верхнее и нижнее полупространство, вычисление производных, разложение поля на частотные составляющие. Вычисление трансформаций позволяет подчеркнуть особенности поля, предположительно связанные с некоторыми элементами геологического строения. Основными задачами перед гравиметрическими исследованиями являются выявление локальных особенностей гравитационного поля и выявление зон разуплотнений, как критерия перспективности объекта.

Одним из методов интерпретации гравиметрических данных является качественная интерпретация. Построение геолого-плотностной модели дает возможность для реализации данного метода. Например, рифовые тела сопровождаются ореолом изменения физических свойств вмещающих пород и представляют собой плотностную неоднородность сложной конфигурации. В системе «риф – окружающие породы» по данным исследований выделяются следующие зоны: собственно риф, надрифовая, подрифовая, межрифовая и периферийные зоны, каждая из которых создает свой гравитационный эффект. Поэтому при поисках рифов гравиметрическим методом и оценке их перспективности основным решающим моментом является воссоздание плотностной модели рифа и околорифового пространства.

Таким образом комплексная интерпретация данных сейсморазведки, гравиразведки, анализ данных бурения в пределах Верхнепечорской впадины, позволят:

1. выявить зоны развития разнотипных коллекторов;
2. наметить участки, перспективные в нефтегазоносном отношении, приуроченные, в основном, рифогенным постройкам верхнедевонского возраста, а также карбонатным и терригенным отложениями визейского яруса;
3. поставить первостепенные задачи геологоразведочные работ.

Библиографический список:

- 1 Вельтистова О.М., Мотрюк Е.Н. Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных с целью выделения рифогенных построек Верхне-Печорской впадины. Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. / Сборник научных трудов по материалам 46-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. 2019. – С. 63-67
2. Журнал Успехи современного естествознания 2018 год, № 7 стр 95-101
3. Гурова Д.И. Перспективы нефтегазоносности нижнепермских карбонатных отложений Верхнепечорской впадины Предуральяского краевого прогиба // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2017. № 7. С. 6–14.
4. Белонин М.Д., Прищепа О.М., Теплов Е.Л., Буданов Г.Ф., Данилевский С.А. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. СПб.: Недра, 2004. 396 с.

УДК 550.814:550.8.04

Анализ возможностей российской аэромагниторазведки и аэроэлектроразведки для решения различных задач в геологоразведке

Уторов Д.А.

Научный руководитель - Демченко Н.П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Беспилотные летательные аппараты в настоящее время широко используются во многих странах для дистанционного зондирования земли и акваторий, поиска месторождений полезных ископаемых. В РФ созданы геофизические технологии, позволяющие с высокой производительностью проводить геофизические исследования на труднодоступных

территориях с суровыми климатическими и природными условиями. Именно эти территории в настоящее время являются наиболее интересными с точки зрения разведки месторождений.

В работе изучены возможности российских высокотехнологичных комплексов аэромагниторазведки и аэроэлектро-разведки с использованием беспилотных летательных аппаратов для решения различных задач, а также особенности обработки геофизических материалов.

1. Передовые аэротехнологии в геофизике и решаемые задачи.

Аэротехнологии в настоящее время активно применяются при геофизических исследованиях, для проектирования полевых работ, геодезической привязки, фото-, телепрофилирования, съемок в различных спектральных диапазонах и др.

Задачи, решаемые геофизическими методами с применением аэротехнологий:

1. Поиски месторождений полезных ископаемых – нефть, газ, вода;
2. Выявление рудных тел;
3. Контроль за техническим состоянием нефте-и газопроводов;
4. Построение трехмерной модели ловушек углеводородов и рудных тел;
5. Детализация выявленных аномалий геофизических полей;
6. Мониторинг подвижности изучаемых геологических структур для определения их современной активности;
7. Мониторинг и изучение загрязнения и деградации окружающей среды, контроль водоохранных и заповедных районов;
8. Оценка состояния ледовой обстановки в зонах ледоходства.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и пилотируемые воздушные судна (ВС) в настоящее время широко используются во многих странах для выполнения задач, ретрансляции радиосигналов, дистанционного зондирования земли и акваторий. Применение данных комплексов с геофизическим оборудованием помогает интегрировать преимущества наземных методов геологоразведки в дистанционные методы и большую авиацию.

Для проведения геофизических работ используются различные летательные аппараты как пилотируемые, так и беспилотные. Данные летательные аппараты используются при проведении магниторазведочных, электроразведочных и гравиразведочных работах, гамма-спектрометрии, термометрии (тепловизионной съемке). Более детально рассмотрим использование данных летательных аппаратов на примере методов аэромагниторазведки и аэроэлектроразведки.

2. Аэромагниторазведка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Основным геофизическим методом наиболее применяемым, полностью совмещенным с БПЛА, является магнитометрический метод. На отечественном и зарубежном рынках представлен ряд технических решений по магнитометрам и БПЛА, составляющих единые комплексы.

Благодаря высокой производительности, детальности и точности съемок внедрена доработанная методика многоуровневых магнитных измерений, обеспечивающая более точное определение формы и глубины залегания источников магнитных.

Применение БПЛА в комплексе с геофизическим оборудованием помогает интегрировать преимущества наземных методов геологоразведки с дистанционными и большой авиацией.

Особенно часто их применяют в случаях, когда необходимо провести обследование довольно больших участков со сложным рельефом в достаточно короткие сроки. Применение БПЛА позволяет ресурсодобывающим компаниям экономить не только экономить время, но и избавляет их от весьма крупных финансовых затрат. Разрешающая способность аэромагниторазведки на достаточном уровне (рис.1.)

Среди российских компаний, разрабатывающих и применяющих беспилотные летательные аппараты можно выделить «Газпром нефть, Роснефть, ГК Геоскан, ДИАМ-АЭРО, Геокен, Полиметалл, АО «ГННП Аэрогеофизика», которые используют БПЛА-комплексы не только для геологоразведки месторождений, но и для других целей. Эти компании создают в своей структуре целые технопарки с инновационным оборудованием.

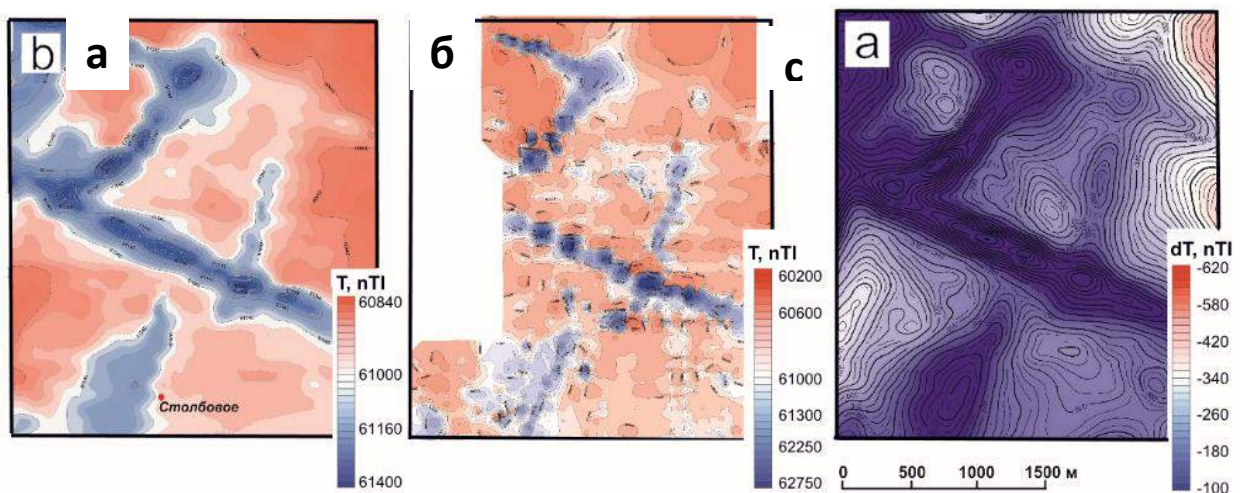


Рисунок 1 - Сопоставление результатов беспилотной аэромагниторазведки с традиционной наземной и вертолетной съемками (а - беспилотная магниторазведка высота 66 м б- традиционная наземная съемка с- традиционная вертолетная съемка, высота 120 м)

БПЛА показывают свою высокую эффективность при ведении работ по контролю, за несанкционированными врезками в газопроводы, работ по мониторингу общего технического состояния трубопроводов, что позволяет оперативно реагировать на возможные утечки.

2.1 Комплекс Геоскан-401 Геофизика.

Аэромагнитный комплекс, созданный на базе беспилотного летательного аппарата и уникального российского квантового магнитометра с рубидиевым магниточувствительным датчиком, сочетает в себе маневренность беспилотного летательного аппарата с высокой чувствительностью магнитометрического оборудования.

Система позволяет выполнять высокоточные аэромагнитные съемки на предельно малой высоте как в равнинной местности, так и в сложных ландшафтных условиях с детальным огибанием рельефа. Система проводит автоматическую обработку данных;

- Предварительная фильтрация
- Учет данных с магнитных вариационных станций
- Геопривязка данных и интерполяция на двумерную равномерную сетку
- наглядный результат, обеспечиваемый возможностью построения трехмерных полей, значительно увеличивает степень эффективности работ;
- при построении маршрута учитываются особенности ландшафта и растительности, что позволяет значительно снизить или исключить вероятность повреждений оборудования;
- съемка выполняется более плавно и на некотором удалении от земной поверхности, что в разы уменьшает степень влияния сильномагнитных приповерхностных объектов на точность полученных данных
- применение БПЛА позволяет магнитометру перемещаться на одинаковом расстоянии от поверхности вне зависимости от рельефа (огибание рельефа).

В ходе работ по измерению полного вектора магнитной индукции при движении носителя аппаратуры сталкиваются с рядом трудностей: векторный магнитометр, хаотично изменяет свою ориентацию в пространстве, т. е. измерения происходят в собственной системе координат магнитометра, произвольно ориентированной относительно системы координат, привязанной к беспилотному носителю.

2.2 Комплекс беспилотных электромагнитных зондирований МЭМИ

- Состав: трехканальный регистратор, три магнитных датчика, инклинометр и GPS, собранных в единый буксируемый модуль
- Диапазон измерения 10 – 100000 Гц
- Частота дискретизации 312 кГц

- Конструкция системы позволяет минимизировать взаимное влияние и шумы, создаваемые каждым элементом

- Позволяет регистрировать не только несущую частоту, но и от 5 до 9 ее гармоник.

В качестве источника ЭМ полей используется горизонтальный электрический диполь (ГЭД). Поскольку при проведении ГСР необходимо изучать достаточно большие площади, необходимо обеспечить достаточный уровень сигнала на достаточно больших расстояниях от питающей линии. Для возбуждения переменного ЭМ поля используется электроразведочный генератор, а так же меандр позволяющий регистрировать не только несущую частоту, но и от 5 до 9 её гармоник. Частота излучения подбирается для каждого участка в индивидуальном диапазоне частот. Выбор частоты базируется на учете шумов носителя, общей помеховой обстановки, особенностей распространения ЭМ поля на исследуемой территории.

2.2.1 Применение метода на практике. Кивдинское месторождение (Алтайский край)

- Выполненный комплекс наземных электроразведочных работ позволил выделить в пределах Кивдинского участка локальную аномальную зону северо-восточного простирания на глубине около 80 м и мощностью около 60 м, характеризующуюся пониженными значениями удельного сопротивления и повышенными значениями поляризуемости.

- По результатам беспилотной ЭМ съемки были получены значения трех магнитных компонент ЭМ поля в диапазоне частот от 1 до 100 кГц. Была выполнена 1D инверсия данных и получены геоэлектрические разрезы до глубины 200 м. Сопоставление результатов 1D инверсии данных беспилотных ЭМ зондирований и наземных методов.

- Наблюдается достаточно хорошая сходимость полученных материалов.

Общие выводы по результатам работ на месторождении «Кивдинское»:

Опыт применения беспилотных электромагнитных зондирований на этапе сопровождения геологосъемочных работ позволил сделать вывод о высокой эффективности данной технологии при изучении геоэлектрического разреза до глубины первые сотни метров. По результатам выполненных беспилотных электромагнитных исследований могут быть выделены локальные аномальные области, на которых в дальнейшем следует проводить работы методами вертикального профилирования для уточнения природы аномалий проводимости.

Беспилотные ЭМ исследования могут быть эффективной альтернативой наземных исследований методам профилирования и зондирования при работах на удаленных участках при объемах съемки более 100 погонных км.

Кроме того, использование контролируемого источника позволяет оперативно увеличивать глубину исследований при обнаружении перспективного объекта без изменения технологии работ и применяемого аппаратурно-программного комплекса. Для наиболее эффективного планирования работ исходя из геологических задач и особенностей района исследований необходимо создание индивидуальной комбинации пилотируемых, беспилотных и наземных ЭМ съемок.

3. Аэроэлектроразведка: классификация, особенности обработки, вне зависимости от типа, все аэроэлектроразведочные системы измеряют переменную составляющую электромагнитного поля. Наибольшее распространение получили индукционные датчики, измеряющие компоненты вектора переменного электромагнитного поля. За последнее десятилетие уровень шумов измерителя значительно снизился.

3.1 Пассивная аэроэлектроразведка.

Пассивные электроразведочные системы измеряют гармонические составляющие компонент вектора переменного магнитного поля Земли и, в некоторых случаях, компоненты вектора переменного электрического поля. Источники электромагнитного поля могут быть как естественного происхождения: возмущения в ионосфере, вызванные солнечным излучением и т. п., так и техногенные — поле низкочастотных радиопередатчиков (СДВР — сверхдлинноволновые радиостанции).

Между активной и пассивной аэроэлектроразведкой находятся системы, источники возбуждения для которых специально располагаются на земле: аэроэлектроразведка методом длинного кабеля (БДК), методом незаземленной петли (НП) и методом заряда.

3.2 Активная аэроэлектроразведка.

В активной аэроэлектроразведке, для создания зондирующего поля принято пользоваться либо непрерывным гармоническим, либо импульсным методом возбуждения. В первом случае сигнал представляет собой суперпозицию нескольких синусоидальных колебаний с фиксированными частотами, во втором – регулярную последовательность импульсов с паузой между ними. Соответственно принципы интерпретации сигналов, а вместе с ними и сами системы, разделяются на метод дипольного индукционного профилирования в аэроварианте, в англоязычной терминологии «FrequencyDomain» — частотные системы и метод переходных процессов в аэроварианте, «Time-Domain» — временные системы.

В классической парадигме «Time-Domain» систем сигнал отклика следует за спадающим фронтом зондирующего импульса. Приемник непосредственно измеряет переходную характеристику геоэлектрического разреза при полном отсутствии влияния первичного поля. Отклики от объектов различной проводимости разделяются по скорости спада напряжения на клеммах выводах приемных рамок. Кажущаяся простота интерпретации для «Time-Domain» систем и предопределила их популярность.

Мощные временные системы эффективно работают на обнаружение хорошего проводника в относительном изоляторе на больших глубинах даже в присутствии проводящего перекрывающего слоя. Верхняя часть разреза (ВЧР) в таком случае остается слабоизученной.

Частотные системы позволяют определять удельные сопротивления в значительно более широком диапазоне, что обеспечивается расширением частотного диапазона в сигнале возбуждения в область высоких частот. Благодаря этому можно выявить неоднородности в высокоомных областях и в приповерхностных слоях. Как следствие, при поисках слабо проводящих объектов гораздо эффективнее оказываются существенно менее мощные, но более высокочастотные «FrequencyDomain» системы.

Вследствие того, что приемно-усилительная электроника любой временной аэроэлектроразведочной системы обладает ограниченным частотным диапазоном, спектр реально измеренного сигнала представлен дискретным набором гармоник базовой частоты возбуждения. Определив классическим «Frequency-Domain» способом амплитуды и фазы соответствующих гармоник, и применив к полученному набору обратное преобразование Фурье, получается измеренный сигнал со всеми его искажениями.

3.3 Комбинированные системы.

Для изучения верхней части разреза одновременно с традиционным TD на данный момент предложены два решения:

- наряду с длинным и мощным основным импульсом добавляется короткий малоамплитудный дополнительный импульс (SkyTEM, MultiPulse)
- наряду с длинным и мощным основным импульсом добавляются высокочастотные сигналы (ЭКВАТОР).

3.4 Аэроэлектроразведка при поисках месторождений проводящих руд.

3.4.1 Аэроэлектроразведочный комплекс АММЗ-2

Комплекс аппаратуры позволяют решать следующие геологические задачи: выделение и прослеживание рудоконтролирующих структур, поиски объектов повышенной электропроводности, корреляция рудных подсечений в скважинах и оконтуривание рудных тел в околоскважинном пространстве. Комплекс аппаратуры для аэроэлектроразведки АММЗ-2 предназначен для измерений низкочастотного магнитного поля на борту вертолета при проведении работ методом незаземленной петли НП. Аппаратура не имеет аналогов в мире и позволяет проводить аэроэлектроразведочную съемку для изучения строения среды и поисков месторождений проводящих руд на глубинах до 2000 м масштаба 1: 10 000 и крупнее.

В состав аэрокомплекса АММЗ-2 входят наземный блок и измерительное устройство, размещаемое на борту вертолета.

Наземный блок аппаратуры предназначен для создания переменного электромагнитного поля и состоит из силового генераторного устройства (ГУ), питающей установки в виде

незаземленной квадратной петли, линии заземленной в рудное подсечение и на кондуктор скважины, УКВ–радиопередатчика опорного сигнала.

В структурную схему измерительного устройства, размещаемого на борту вертолета, входят следующие узлы и блоки: выносная гондола на трос–кабеле, четыре усилительных канала составляющих поля и опорного сигнала в бортовом измерительном пульте, персональный компьютер, УКВ– радиоприёмник опорного сигнала, блок штурманской метки и прибор спутниковой навигации GPS.

Аппаратура обеспечивает в течение времени полета проведение непрерывных фазочувствительных измерений и регистрацию на выбранной рабочей частоте трех составляющих вектора магнитной индукции, создаваемого наземным источником переменного электромагнитного поля.

3.5 Применение метода на практике. Месторождение «Сафьяновское» (Свердловская область)

Аэровариант метода незаземленной петли НП опробован на медно-колчеданном месторождении «Сафьяновское» (Свердловская обл.).

Целью опытных работ являлось изучение возможности применения поискового варианта аэроэлектроразведки для обнаружения крупных месторождений электропроводных руд.

В составе рудовмещающего кремнекислого комплекса выделены андезиты, дациты, риолиты и их промежуточные разновидности. В целом, среди массивных пород кремнекислого комплекса выделяется эффузивная, и субвулканическая фации. Эффузивная фация в пределах рудного поля преобладает и представлена разномасштабными потоками лав андезитодацитов, дацитов и риолитов. Экструзивная фация представлена куполами, сложенными риолитами массивной текстуры. К субвулканической фации отнесены крупнопорфировые риолиты, образующие силловые залежи протяженностью до 100-150 м.

Измерения переменного магнитного поля проведены на высоте 100 м по серии параллельных профилей длиной около 5 км. Сила тока $J = 9\text{А}$, сторона незаземленной квадратной петли 400 м.

Непосредственно над рудным телом на профильных кривых отмечается очень интенсивная по величине и большая по линейным размерам аномалия, обусловленная крупным проводящим объектом, каким является рудное тело месторождения, запасы составляют 1,4 млн. тонн (рис.2).

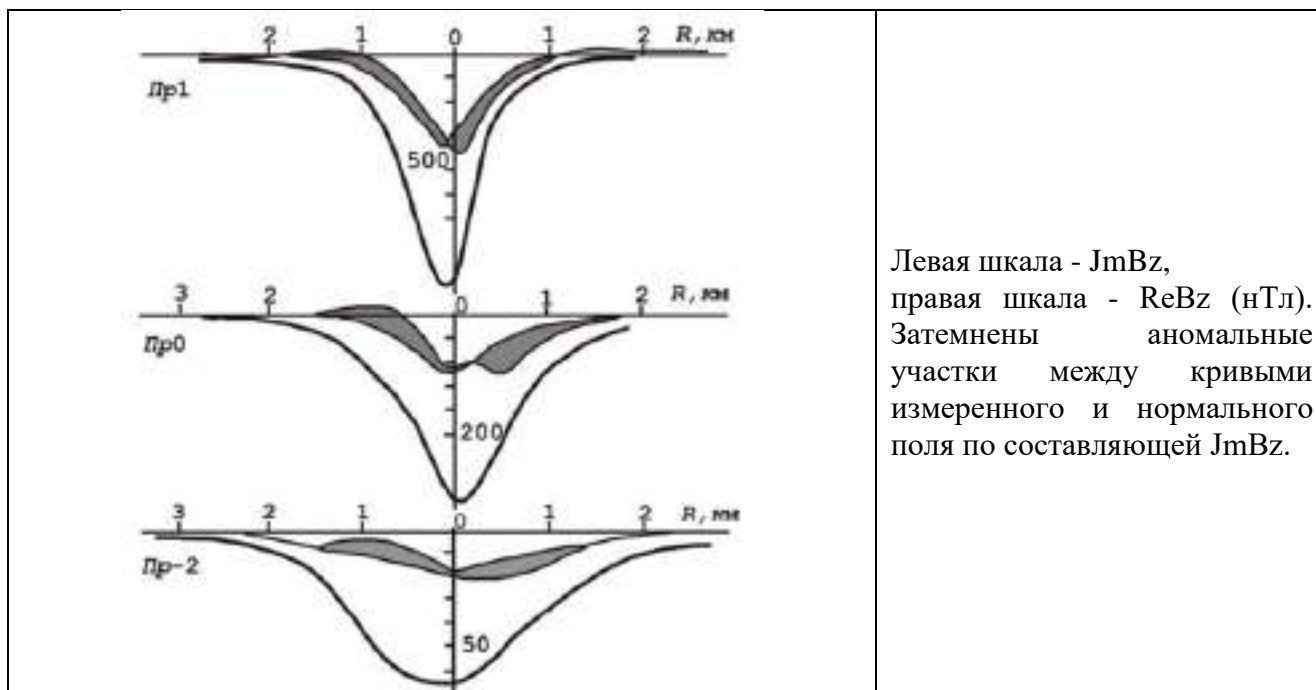


Рисунок 2 - Кривые квадратур вертикальной составляющей $ReBz$ и $JmBz$ по профилям наблюдений на высоте 100 м над рудным телом по результатам геофизических работ аэровариантом НП-А на месторождении «Сафьяновское».

Общие выводы по результатам работ на месторождении «Сафьяновское»:

- использование модификации аэроэлектроразведки, близкой по физической основе к наземному методу радиальных индукционных зондирований РИЗ, позволяет обнаруживать крупные проводящие объекты, расположенные на достаточном удалении от источника поля;
- использование контролируемого источника позволяет оперативно увеличивать глубину исследований при обнаружении перспективного объекта без изменения технологии работ и применяемого аппаратурно- программного комплекса.
- полученные материалы свидетельствуют о перспективности применения метода НП для поисков проводящих руд.

По результатам исследований сделаны обоснованные выводы о перспективности развития представленных дистанционных технологий:

1. Для наиболее эффективного планирования работ, исходя из геологических задач и особенностей района исследований, необходимо создание индивидуальной комбинации пилотируемых, беспилотных и наземных съемок.
2. Рассмотренные технологии аэровариантов проведения геофизических работ практически не уступают наземным методам по разрешающей способности и качеству съемок.
3. Позволяют значительно увеличить площадь исследуемых территорий.
4. Имеют преимущество перед классическими методами проведения работ в труднодоступных зонах и зонах вечной мерзлоты.
5. Дистанционные методы являются более производительными и экологичными.

Библиографический список:

1. Современные методы аэроэлектроразведки [Электронный ресурс]. - <https://ems-2021.ocean.ru/proceedings/Мойланен%20Е.В.%20Современные%20методы%20аэроэлектроразведки.pdf>
2. Аэроэлектроразведка глазами разработчика [Электронный ресурс]. - https://geotechnologies.ru/publications/2020_Geowebinar_Karshakov.pdf
3. Опыт применения беспилотных ЭМ зондирований при проведении геологосъемочных работ [Электронный ресурс]. - <https://ems-2021.ocean.ru/proceedings/Антащук%20К.М.%20и%20др.%20Опыт%20применения%20беспилотных%20ЭМ%20зондирований%20при%20проведении%20геолого-съёмочных%20работ.pdf>
4. Разведка месторождений с применением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. - <https://www.geoscan.aero/ru/application/exploration>.

УДК 004.9 + 556.3

Применение новых технологий при контроле за состоянием недр подземных вод и технического состояния водозаборных сооружений (скважин) на примере водозаборов ООО «Газпром трансгаз Ухта»

Медведев А.В.

Научный руководитель – Желязков И.И.

ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта, Россия

Основное назначение подземных вод – это обеспечение хозяйственно-питьевого, бытового и технического водоснабжения, а также противопожарных нужд объектов газотранспортной системы в зоне ответственности ООО «Газпром трансгаз Ухта» (далее общество). Структура водоснабжения объектов Общества на протяжении всего периода эксплуатации подземных вод практически не меняется.

На сегодняшний день подземные воды (ПВ) являются основным источником водоснабжения объектов ООО «Газпром трансгаз Ухта», за исключением ряда объектов Воркутинского (полное отсутствие пресных подземных вод из-за развития вечно мерзлых пород на большую глубину) и Мышкинского ЛПУМГ, т.е. порядка 95 %.

Преимуществом водоснабжения из подземных источников является:

1. Стабильность химического состава воды;
2. Защищенность от техногенных загрязнений;
3. Стабильность запасов ППВ (практически сглажены меженные и паводковые экстремумы, стабильная обеспеченность водоснабжения)

Для контроля состояния недр проводятся работы по мониторингу подземных вод. Работы по мониторингу за ППВ выполняются в рамках производственно-экологического мониторинга за подземными водами в ООО «Газпром трансгаз Ухта» на основании геологического задания.

Целью локального мониторинга месторождений подземных вод является информационное обеспечение процессов управления эксплуатацией подземных вод, их охрана от загрязнения и истощения, предотвращения негативных последствий влияния водоотбора на окружающую среду, а также контроль соблюдения требований, установленных при предоставлении недр для добычи подземных вод (требований лицензионных условий).

Задачи:

- оценка состояния недр на участке размещения водозабора подземных вод;
- оценка запасов подземных вод;
- контроль изменения уровней подземных вод в скважинах;
- контроль изменения дебитов скважин;
- учет объемов извлекаемых вод;
- контроль изменения температуры подземных вод;
- контроль изменения качества подземных вод;
- проверка технического состояния водозаборных скважин;

Контроль уровней подземных вод, дебитов и технического состояния эксплуатационных скважин.

С 2017 г. ежеквартальное проведение режимных наблюдений на скважинах возложено на работников служб тепло-водоснабжения филиалы общества, а именно службы тепло-водоснабжения. Для проведения замера уровней используются электронные переносные уровнемеры (по типу KL-010-100), либо лот-хлопушки. Филиалами Общества используются уровнемеры марки ЭУ-50, KL-010-100 и Solinst (таблица № 1).

Таблица 1 – Марки уровнемеров



Замер дебитов осуществляется объемным методом через расходомер либо заполнения тарированной емкости.

На конец 2021 г. при использовании переносных уровнемеров в Обществе возникают следующие проблемы:

- не достаточная комплектация филиалов оборудованием, не все филиалы укомплектованы уровнемерами. В связи с этим филиалы вынуждены брать оборудование для проведения работ у своих коллег. В трех филиалах в связи с большой разбросанностью

водозаборов, между собой, возникают сложности с передачей уровнемеров;
– предоставление ошибочных данных, по причине человеческого фактора.

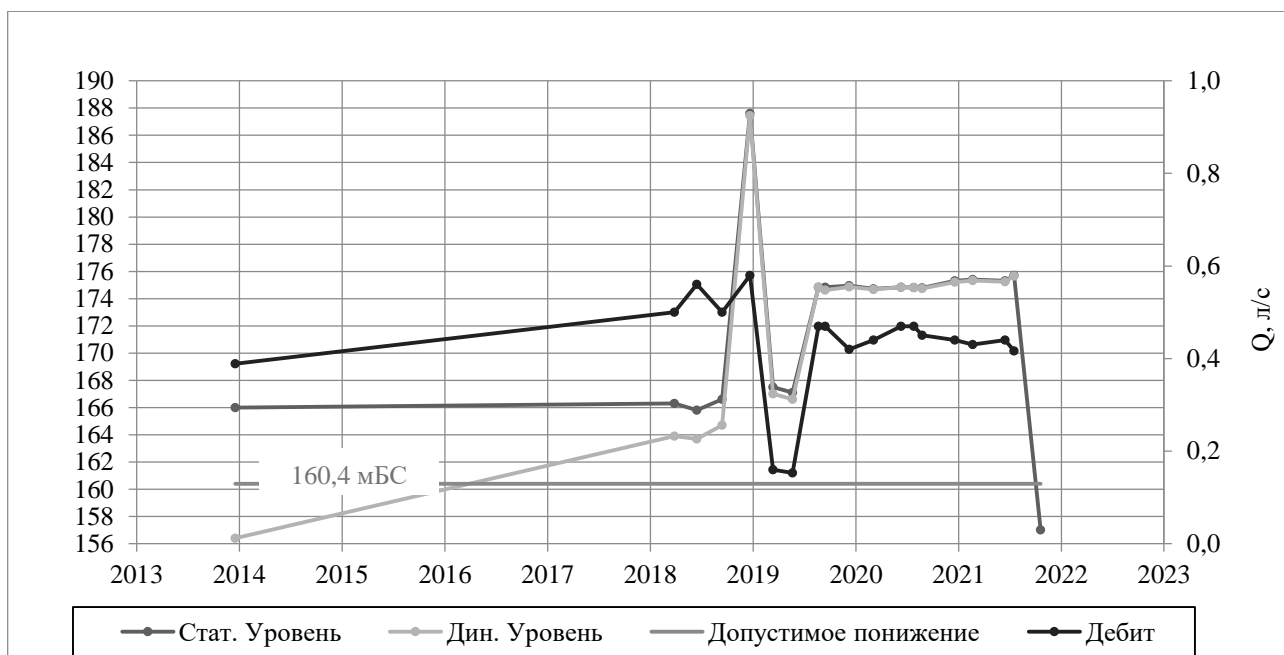


Рисунок 1 – Графики режимов водозабора ДЛЮ км 496,5

В следствие не качественного проведения режимных наблюдений филиалами, получаемый геологической службой фактический материал, не позволяет объективно оценивать состояние недр на участках размещения водозаборов общества. В следствие чего возникают затруднения в анализе техническое состояния водозаборных сооружений (скважин). Результатом данных затруднений может стать стремительное ухудшение удельных эксплуатационных характеристик скважины. Примером является водозабор ДЛЮ км 496,5, где в следствие предоставления некондиционных результатов режимных наблюдений было допущено неконтролируемое падение статического уровня воды, что привело к невозможности функционирования скважины (рисунок 1). На данный момент для уточнения причины выхода из строя скважины, водозабора ДЛЮ км 496,5, требуется привлечение техники, специалистов буровой бригады и геологической службы.

Качественный контроль питьевых подземных вод.

На данный момент отбор проб воды для качественного анализа производится специалистами служб ТВС филиалов общества и направляется в хим. лаборатории общества и Санитарно-эпидемиологических служб. Систематически филиалы производят не своевременный отбор проб воды. Также входе дополнительных исследований испытаний проб воды возникают подозрения о несоответствии предоставленных проб указанной скважины.

Решением выше изложенных проблем могло бы явиться:

1. Возложение проведения режимных наблюдений на водозаборах общества на специалистов геологической службы УАВР с увеличением штата геологической службы до 12 ИТР;
2. Внедрение в службу ТВС каждого филиала, эксплуатирующих ППВ, штатного геолога;
3. Применение новых технологий для проведения режимных наблюдений и исследований химического состава ПВ.


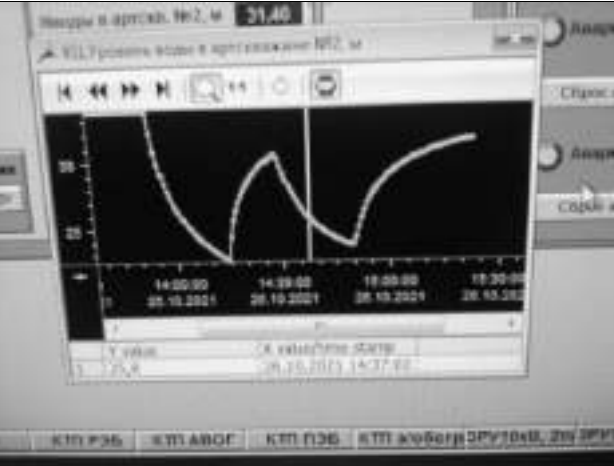
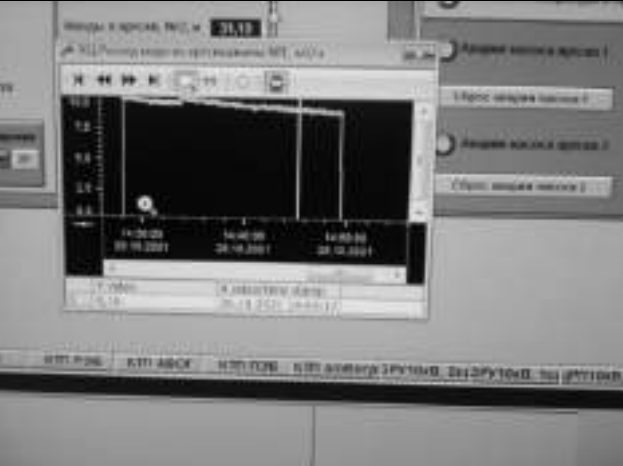
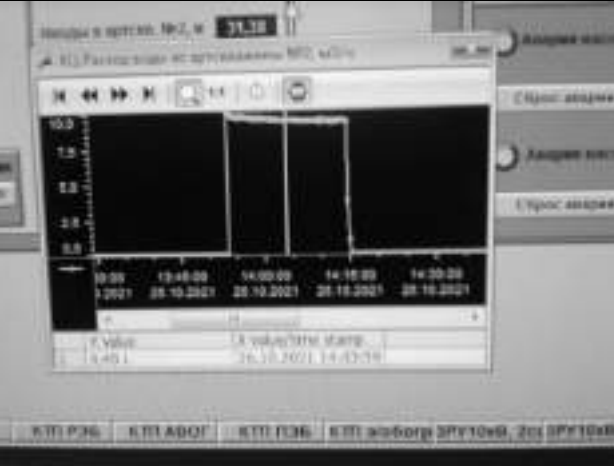
Применение новых технологий:

Контроль за состоянием недр подземных вод:

На сегодняшний день повсеместно внедряются автоматические системы для контроля скважин и недр в онлайн режиме. В гидрогеологии используются системы производства SebaHydrometria (производства ФРГ), SIEMENS (производства Швеции), ПГ «Метран», и «МераПрибор» (производства РФ). Все перечисленные системы позволяют производить

бесперерывный замер уровней и дебита скважин. Системы производства SebaHydrometria и «МераПрибор» по мимо уровней и дебитов скважин позволяют производить контроль химического состав вод.

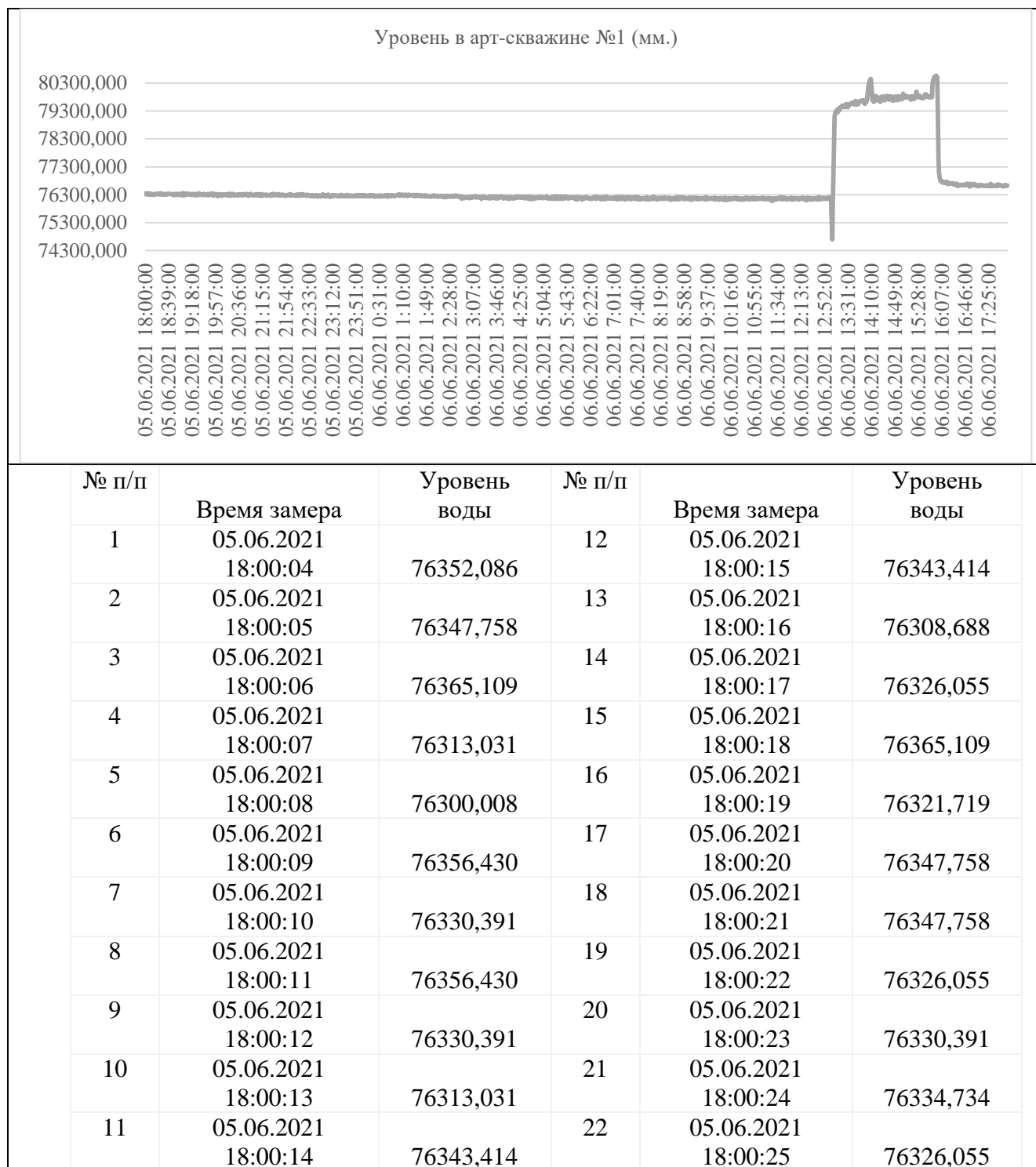
Таблица 2 – графики опытно-фильтрационных работ на водозаборе КС Ухтинская

	
<p>График изменения пьезометрического уровня во время откачки, скважины № 1</p>	<p>График изменения пьезометрического уровня во время откачки, скважины № 2</p>
	
<p>График изменения дебита во время откачки, скважины № 1</p>	<p>График изменения дебита во время откачки, скважины № 2</p>

На четырех объектах ООО «Газпром трансгаз Ухта» (КС-45 Усинская, КС-48 Чикшинская, КС-49 Малоперанская и КС Ухтинская) используются системы «Метран» и «SIEMENS». Эти системы позволяют наблюдать за уровнями и дебитом в онлайн режиме, данные выводятся в программе управления в виде графиков. В ходе эксплуатации скважины выше описанные системы позволяют наблюдать не только за действующей скважиной, но и за соседними (таблица № 2). Также есть возможность изъятия дискретных данных из программы, в объеме одного месяца эксплуатации водозабора, в виде таблицы (таблица № 3), что может позволить незамедлительно предоставлять данные в онлайн режиме специалистам геологической службы для дальнейшего сбора, анализа и прогнозирования возможных ситуаций.

Предлагаем внедрять выше описанные технологий на всех водозаборах общества с целью автоматизации предоставления данных в геологическую службы. Что в дальнейшем может позволить получить экономический эффект в виде экономии финансов на бурение новых скважин, взамен вышедших из строя за счет своевременного проведения на них ремонтных работ.

Таблица 3 – дискретные данные системы «Метра», водозабор КС-49 Малоперанская



Библиографический список:

1. Геологический отчет за 2020 г. – У.: ООО «Газпром трансгаз Ухта», Управление аварийно-восстановительных работ, 2021.
2. [Ресурсы европейского севера. Технологии и экономика освоения.](#) – У.: ФГБОУ ВПО Ухтинский государственный технический университет, 2016, 112-119 с.

Характеристика коллекторских свойств D2-D3 Кыртаельского месторождения

Попова Е.К.

Научный руководитель – Овчарова Т.А

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Кыртаельское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Печорском районе Республики Коми, в 15 км к юго-западу от г. Печора.

Месторождение открыто в 1969 г., разведочные работы завершены в 1974 г., в разработку введено в 1988 г. на основную залежь нефти старооскольского надгоризонта. Первооткрывательницей залежи в старооскольских отложениях является скв. 5 (1970 г.), в эйфельских – поисковая скв. 11 (1969 г.).

Согласно тектонической схеме Тимано-Печорской провинции Кыртаельское месторождение приурочено к одноименной структуре, которая находится в пределах Лыжско-Кыртаельского вала, входящего в состав Печоро-Кожвинского мегавала.

Нефтегазоносность месторождения связана со среднедевонско-нижнефранским терригенным НГК. К настоящему времени промышленные запасы УВС установлены в песчаниках эйфельского и старооскольского возраста среднего девона, джьерского горизонта верхнего девона.

Основная нефтегазоконденсатная залежь в песчаниках отложений D_{3d}zr-D₂st.

Согласно современным представлениям о геологическом строении, на большей части Кыртаельской структуры в отложениях старооскольского надгоризонта среднего девона и нижнефранского подъяруса верхнего девона образовалась единая залежь. Залежь классифицируется как пластово-массивная сводовая, тектонически экранированная и нарушенная, с литологическими ограничениями. Гидродинамическая связь коллекторов в терригенных породах D_{3d}zr-D₂st обеспечивается наличием мощной толщи песчаников старооскольского надгоризонта и тектонических нарушений различной амплитуды, через которые латерально между блоками разновозрастные коллектора сообщаются. По данным ГИС и опробования ГНК принят на абс.отметке минус 2432 м, ВНК – минус 2492 м. Общая высота залежи около 186 м, общие размеры залежи составляют 13,25×4,6 км.

В пределах отложений D₂st основная залежь имеет размеры 11,5×3,5 км, высоту 124 м. Площадь нефтеносности составляет 28488 тыс.м², площадь газоносности – 11733 тыс.м², средневзвешенная по залежи эффективная нефтенасыщенная толщина – 33,7 м, средневзвешенная по залежи эффективная газонасыщенная толщина – 12,9 м.

В скважинах вскрыто 1–32 продуктивных пропластков (среднее значение – 12), которые занимают 81% разреза продуктивной толщи.

В пределах *нижней пачки* D_{3d}zr размеры основной залежи составляют 10,5×3,7 км, высота – 150 м, площадь нефтеносности – 12819 тыс.м², площадь газоносности – 13997 тыс.м², средневзвешенная по залежи эффективная нефтенасыщенная толщина – 5,1 м, средневзвешенная по залежи эффективная газонасыщенная толщина – 5,2 м Коэффициент песчаности равен 0,17 д.ед., по ГИС установлено 1–10 проницаемых прослоев.

В пределах *верхней пачки* D_{3d}zr залежь имеет размеры 12,85×4,6 км, высоту – 186 м, площадь нефтеносности – 20904 тыс.м², площадь газоносности – 28781 тыс.м², средневзвешенную по залежи эффективную нефтенасыщенную толщину – 4,4 м, средневзвешенную по залежи эффективную газонасыщенную толщину – 7,3 м. Параметры неоднородности имеют следующие значения: расчлененность – 5, песчаность – 30%.

Коллекторы представлены кварцевыми песчаниками серыми, светло-серыми, темно-серыми, иногда коричневатыми (из-за насыщения нефтью), иногда алевритистыми (D_{3d}zr). Породы-покрышки как среднедевонских залежей, так и верхнедевонских, представлены слабо и непроницаемыми алевролитами и аргиллитами.

Анализ полученных данных показывает, что в кровле среднего девона по данным керна преобладают средне- и, в меньшей степени, высокые коллекторы. Пористость пород-коллекторов колеблется в пределах 8,1-10,5 %. Карбонатность от 0,7 до 0,8 %. Остаточная водонасыщенность изменяется в пределах от 18,2 до 33 %.

Коллекторы отложений D_{2st} неоднородны по ФЕС и насыщению. В интервале 2566,6 – 2588,0 м выявленные коллекторы характеризуются как нефтенасыщенные. В интервале 2588,0 – 2655,8 м выявленные коллекторы характеризуются уменьшенной степенью нефтенасыщения (Кн уменьшается от 72 до 39%) и могут быть отнесены к разряду нефтеводо- и водонефтенасыщенных (переходная зона). Интервал 2656,7–2659,5 м водонасыщен.

Геологическая изученность месторождения неравномерная, наиболее изучены отложения пласта 2 D_{2ef} и основной толщи D_{2st}. Дальнейшее изучение залежей УВ месторождения планируется проводить как разведочными, так и эксплуатационными скважинами (в том числе боковыми стволами), бурение которых позволит детализировать геологическое строение на участках их проводки.

Кыртаельского месторождения по степени геологической изученности и степени промышленного освоения относятся к категориям А, В₁ и В₂. В целом по месторождению геологические запасы составляют:

Наименование	Категория запасов:			
	А	В ₁	В ₂	А+В ₁ +В ₂
В пределах ЛУ СЫК 13523 НЭ (ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»)				
Нефть, тыс.т	66135	10234	4438	80807
Растворенный газ, млн.м ³	12605	1674	791	15070
Свободный газ, млн. м ³		454	86	540
Газ газовых шапок, млн.м ³		10613	98	10711
Конденсат, тыс.т		2614	43	2657
Нераспределенный фонд недр				
Нефть, тыс.т			1365	1365
Растворенный газ, млн.м ³			303	303

Ниже приведена информация о работах, которые планируется провести на месторождении с целью его доразведки.

В целях изучения физико-коллекторских и петрофизических свойств терригенных пород отложений эйфельского яруса и старооскольского надгоризонта живецкого яруса среднего девона и джьерского горизонта нижнефранского подъяруса верхнего девона Кыртаельского месторождения будет произведен отбор керна в разведочной скважине.

Лабораторные исследования должны быть выполнены в полном объеме и включать: определение литолого-физических и петрофизических свойств в атмосферных и пластовых условиях, детальное макро- и микроскопическое изучение вещественного состава пород, их структурных и текстурных особенностей, степени вторичной измененности, подсчет процентного содержания основных породообразующих компонентов, постседиментационных процессов, эффективной газо- и нефтепроницаемости с целью подтверждения граничных значений ФЕС, определение смачиваемости продуктивных коллекторов, установление петрофизических зависимостей типа "керна-керна", определение коэффициента вытеснения и фазовых проницаемостей, изучение упруго-механических свойств пород-коллекторов и вмещающих отложений.

В новых скважинах, запланированных к бурению (полого-направленных, вертикальных с отбором керна), необходимо проведение регламентированного в полном объеме комплекса ГИС, включающего следующие методы: ПС, ДС, электрические (БКЗ, БК, ИК, ВИКИЗ, МКЗ, МБК), радиоактивные (ГК, НК, ГГКп), АК. Кроме того, рекомендуется включить дополнительно исследования прискважинной зоны электрическим микросканером, проведение

широкополосного акустического каротажа с целью выделения проницаемых интервалов. Необходимо отметить значимость выполнения качественной записи всех методов ГИС.

Если в процессе бурения скв. 19р будет установлена нефтеносность отложений D_{3tm}, то для изучения физико-химических свойств и компонентного состава пластовых флюидов также рекомендуется отбор глубинных проб (раздельно от нижележащих продуктивных отложений).

Согласно нормативным документам должно быть отобрано не менее 3 проб по каждому объекту. Пробы считаются идентичными, если расхождение значений контрольных параметров не превышает 3%.

Отбор проб пластовых флюидов рекомендуется осуществлять по апробированным методикам (СТО РМНТК 153-39.2-002-2003 «Нефть. Отбор проб пластовых флюидов») глубинными пробоотборниками, конструкция которых гарантирует качество отбора.

В результате исследования пластовой нефти будут определены: давление насыщения, коэффициент сжимаемости, плотность пластовой нефти, газосодержание, объемный коэффициент, вязкость пластовой нефти, температура насыщения нефти парафином, температура плавления парафина и др.

В процессе исследования глубинных проб нефти при стандартной и ступенчатой сепарации будет получена информация о компонентном составе сепарированной нефти, плотности сепарированной нефти, молекулярной массе, фракционном составе, содержанию парафина, серы, смол, асфальтенов, металлов и др.

Для контроля за выработкой пластов рекомендуется отбор поверхностных проб нефти на физико-химический анализ с периодичностью не менее 1 раза в год при охвате до 50% фонда добывающих скважин. Контролируемые параметры – плотность, фракционный состав, содержание парафинов, смол, асфальтенов, серы, металлов, мех.примесей и т.п.

После получения новой геолого-геофизической информации по разведочным и эксплуатационным скважинам, промысловых данных будет выполнен оперативный подсчет запасов УВ с переводом запасов категории В₂ в промышленные категории.

Библиографический список:

1. Прошляков Б.К., Гальянова Т.И., Пименов Ю.Г. Коллекторские свойства осадочных пород на больших глубинах. -- М.: Недра, 1987. -- 200 с.
2. Самвелов Р.Г. Залежи УВ на больших глубинах: особенности формирования и размещения. //Геология нефти и газа, 1995, №9, 14 с.
3. Г.И. Амурский, И.П. Жабрее, С.П. Максимов, В.Л. Соколов. Сероводородсодержащие газы -- условия и масштабы распространения// Геология нефти и газа, 1980, №5, 11-18 с.
4. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология: Учебник. М.: Недра, 1991, 444 с.

УДК 550.834.08

Подбор параметров систем наблюдений съемок МОГТ-3D с учетом успешного решения геологических задач и оптимизации стоимости полевых работ

Василенко С.А.

Научный руководитель - Вельтистова О.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Цель работы: оптимизация систем наблюдений МОГТ-3D.

Задачи:

1. Изучение геометрических и технологических характеристик систем наблюдений.
2. Выявление наиболее оптимальной методики с учётом стоимости работ и решения геологических задач.

Сейсморазведка является наиболее популярным методом геофизических исследований и проводится почти на всех их этапах. Особенно стоит выделить трёхмерную модификацию

метода общей глубинной точки, так как именно с её помощью мы можем получить гораздо более качественный материал, который повысит эффективность геологической разведки и позволит гораздо лучше изучить геологию исследуемой площади работ.

Трёхмерная сейсморазведка характеризуется:

1. Высокой детальностью исследований за счет большой плотности информации на единицу площади, дающей возможность сформировать куб сейсмической записи, отображающий практическую непрерывность параметров и атрибутов волнового поля и геологической среды.

2. Существенно большим (в 2 и более раз) эффектом подавления помех по сравнению с 2D при равной кратности накопления.

3. Более высокой, чем при работах 2D, надёжностью выделения и трассирования тектонических нарушений и иных границ резкого изменения рельефа отражающих поверхностей.

4. Возможностью, в отличие от 2D, изучения характеристик среды, зависящих от направления распространения волн, т.е. пространственной многофакторной анизотропии среды.

5. На порядок более высокой по сравнению с 2D пространственной разрешающей способностью, при возрастании стоимости работ лишь в полтора - два раза.

Все эти достоинства могут быть реализованы в зависимости от качества проведения первого этапа работ – регистрации волнового поля. Также это сильно повлияет на успешность решения геологических задач, стоящих перед нами. Таким образом, вопрос проектирования работ, а также правильного выбора и расчёта систем наблюдений и их параметров имеет первостепенное значение при работе с МОГТ-3D.

Подбор параметров систем наблюдений 3D выполняется по следующим критериям:

- улучшение отношения сигнал/помеха;
- равномерный охват изучаемого пространства;
- получение представления о вертикальной неоднородности;
- получение сведений о горизонтальной неоднородности;
- технологичность.

Улучшение отношения сигнал/помеха достигается за счет оптимизации кратности с учетом характера спектров удалений в системе, за счет применения разных расстановок источников и приемников на площади работ. Представление о разрешающей способности – основа практических работ в сейсморазведке, поэтому все параметры систем выбираются на основе однозначно принятых размеров бина. Минимальное значение линейного размера бина должно удовлетворять условию:

$$V_x < V_{ef}/2 * f * \sin\varphi_{ef} * \cos(\theta - \psi_{ef}), \text{ где}$$

V_x – линейный размер бина;

V_{ef} , φ_{ef} , ψ_{ef} – эффективные скорость, угол и азимут наклона;

f – максимальная ожидаемая частота регистрации сейсмического импульса на уровне целевого горизонта;

θ – азимут наблюдения.

Повышающиеся требования к эффективности и геологической результативности сейсморазведочных работ, а так же критерий равномерной освещенности недр съемкой подразумевают использование квадратных бинов.

Таким образом, среди вышеприведенных общих критериев оптимизации работ необходимо особо выделить следующие требования:

- равномерности распределения удалений по бинам;
- равномерности распределения трасс по азимутам в диапазоне 0-360 градусов;
- равномерности распределения удалений по азимутальным секторам.

Одним из основных параметров сейсморазведки МОГТ-3D является проектная (или полная) кратность наблюдений – количество сеймотрасс, попавших в пределы одного и того же бина (или количество прослеживаний одной и той же отражающей границы). Очень важно, чтобы кратность, во-первых, была достаточно высокой – это серьезно повышает качество материала, и, во-вторых, была достаточно равномерно распределена по всей площади работ.

Это сильно облегчит суммирование всех сейсмических записей, улучшит отношение сигнал/помеха и вообще будет легче поддаваться визуальному контролю во время проведения работ. Однако в погоне за высокими значениями полной кратности нельзя забывать и об остальных параметрах, прямо или косвенно с ней связанными: расстояние между пикетами, между профилями, параметрами активной расстановки и так далее.

Значение проектной кратности для большинства трехмерных систем наблюдений с перекрытием по ЛПП определяется следующим образом:

$K_p = K_{p\text{inline}} * K_{p\text{xline}}$, где

$K_{p\text{inline}}$ – кратность в направлении ЛПП, определяется по формуле

$K_{p\text{inline}} = N_{\text{пп}} * \Delta_{\text{ПП}} / 2 * \Delta_{\text{ЛПВ}}$,

$K_{p\text{xline}}$ – кратность в направлении ЛПВ, определяется по формуле

$K_{p\text{xline}} = N_{\text{лпп}} / 2$.

В реальности чаще всего приходится просто «выключать» самые удалённые пункты взрыва и пункты приёма, то есть по факту использовать мьютинг. Это, конечно, несколько понижает кратность наблюдений до какого-то более или менее реального уровня, но тем не менее это всегда обусловлено слишком высокой длиной трассы, что приводит к сильной зашумлённости, различных искажениях формы импульса, от которых практически невозможно избавиться, и так далее. Так что иногда стоит несколько пожертвовать кратностью, но получить при этом более «чистый» материал, более пригодный для дальнейшей работы.

С одной стороны, мы хотим как можно сильнее уменьшить стоимость работ, то есть уменьшить площадь их проведения. С другой стороны, если строение среды хоть немного отличается от горизонтально-слоистой модели (а так на практике бывает чуть ли не всегда), то приходится площадь работ увеличивать из-за явления сейсмического сноса. По итогу оптимальной мы можем назвать такую форму площади работ, которая позволит проследить все отражающие границы на площади с проектной кратностью. Стоит напомнить, что проектная кратность и реальная часто не равны друг другу. Поэтому, планируя работы, мы должны учитывать всё, что мы знаем об изучаемой структуре: её формы, размеры, глубину залегания и так далее, чтобы уточнить контуры участка проведения работ. Если же мы этого учитывать не будем, то потеряем много достаточно ценной сейсмической информации, особенно на участках со сложным строением.

В качестве эксперимента было составлено два проекта по изучению двух структур в пределах гряды Чернышёва с разными параметрами съёмки.

Гряда Чернышёва (рис.1) сформировалась как крупная, размером 360x5-40км, шовная структура в поздне триасово-раннеюрское время в результате интенсивных движений заключительной фазы орогенного цикла. Она резко выделяется своей интенсивной дислоцированностью отложений на фоне пограничных Хорейверской и Косью-Роговской впадин. В строении гряды принимают участие отложения, слагающие платформенное ложе Предуральяского прогиба (ордовикско-каменноугольные) и осадки орогенного комплекса, сохранившиеся лишь в синклиналиях центральной части гряды. По кровле карбонатных отложений нижней перми и подошве визейского яруса гряда наиболее приподнята в южной и северо-восточной частях. В районе Хоседаюской площади превышение этих отложений по отношению к Хорейверской впадине составляет 1000м.

Гряда Чернышева по своим морфологическим особенностям представляет собой складчато-блоковую систему структур 2-го порядка: Хоседаюская антиклинальная зона и Адзъвавомская депрессия, Тальбейский блок и Восточно-Воргамусюрская складчатая зона, надвинутая на структуры Косью-Роговской впадины, Шарью-Заостренский и Яньюский блоки в южной части гряды Чернышева.

Структуры гряды Чернышева образовались над линейной системой разломов, ограничивающих западный борт Косью-Роговской впадины. Это сложнопостроенный антиклинорий, состоящий из системы крутых антиклинальных и синклиналильных складок, разорванных продольными и диагональными нарушениями. Ядра антиклиналей состоят из

пород верхнего и среднего палеозоя, в ядрах синклиналей - отложения верхней перми и триаса. На рисунке 2 представлен временной разрез через гряду Чернышёва.



Рис.1: Гряда Чернышёва на карте тектоники

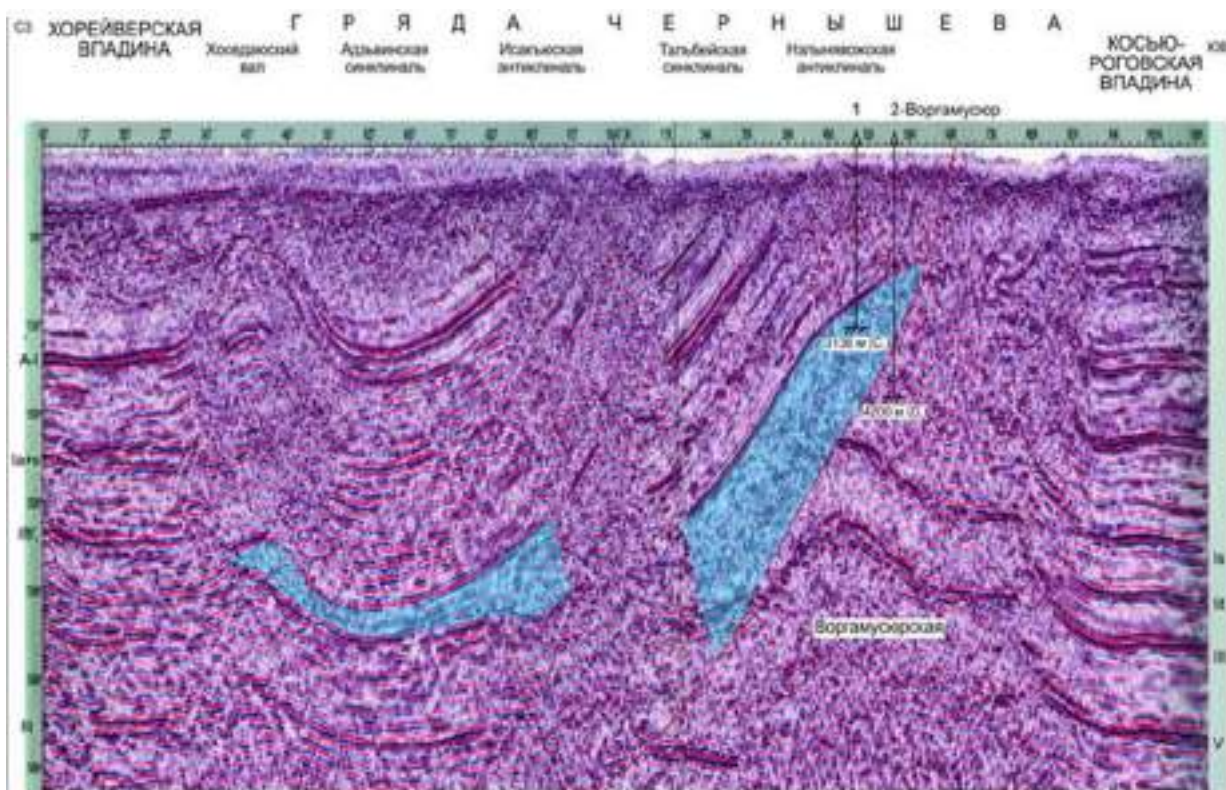


Рис.2: Временной разрез через гряду Чернышёва

Для исследований были взяты структуры в пределах участка гряды Чернышёва. Представляющие интерес структуры находятся на глубине 2600-2800 м (рис.3), доминирующей частотой принята частота 150 Гц, глубиной первой прослеживаемой границы выбрана отметка 200 м для одной структуры и 100 м для другой, что существенно повлияло на различия в расстановке и обрабатываемых шаблонах. Параметры съёмки были рассчитаны в программном обеспечении Mesa Expert 10.



Рис.3: Изучаемые в рамках эксперимента структуры

При задании глубины первого прослеживаемого горизонта в 200 м расстояния между профилями и между пикетами значительно больше, это позволяет использовать меньше приёмников и меньше источников упругих волн, что несомненно удешевит стоимость реализации данного проекта. Однако рассчитанная кратность для него составляет не более 121, что для современных работ немного. Количество каналов для такой съёмки составляет 1960 каналов, что тоже довольно мало, особенно для такой сложной структуры, как гряда Чернышёва. Следовательно, данный проект несколько дешевле, но и геофизический материал, полученный в результате его реализации, будет хуже (рис.4, а).

С другой стороны, проект, для которого минимальная глубина прослеживаемой границы составляет 100 м, показывает большие значения канальности и кратности. Так, максимальное число задействованных в такой съёмке каналов составляет 7744 канала, а кратность достигает 484. Такая кратность на практике используется чаще всего. Это приводит к увеличению стоимости работ: возрастает количество подготовленных просек, используемых источников упругих волн, сейсмоприёмников. В этом случае рассматриваемый проект будет более успешным, поскольку геофизический материал будет более качественным, что в условиях гряды Чернышёва чрезвычайно важно (рис.4, б).

Практика показывает, что в сейсморазведке 3D наиболее часто используются ортогональные системы типа “крест” с одноэлементным шаблоном обработки. Это вызвано высокой технологичностью данной системы и приемлемыми азимутальными и офсетными характеристиками. Компьютерный расчет системы и ее параметров обеспечивает оптимальное для заданных геологических условий освещение площади работ. Оптимальность достигается посредством

определения размеров бина срединных точек, кратности перекрытия бина, набора удалений пункт возбуждения - пункт приема, набора азимутов в пределах каждого бина и других параметров системы с учетом их взаимосвязи и предъявляемых требований к каждому из параметров в отдельности.

При расчете пороговой стоимости полевых сейсморазведочных работ необходимо использовать корректирующие коэффициенты, которые оказывают влияние на стоимость работ в зависимости от выбранной системы наблюдений.

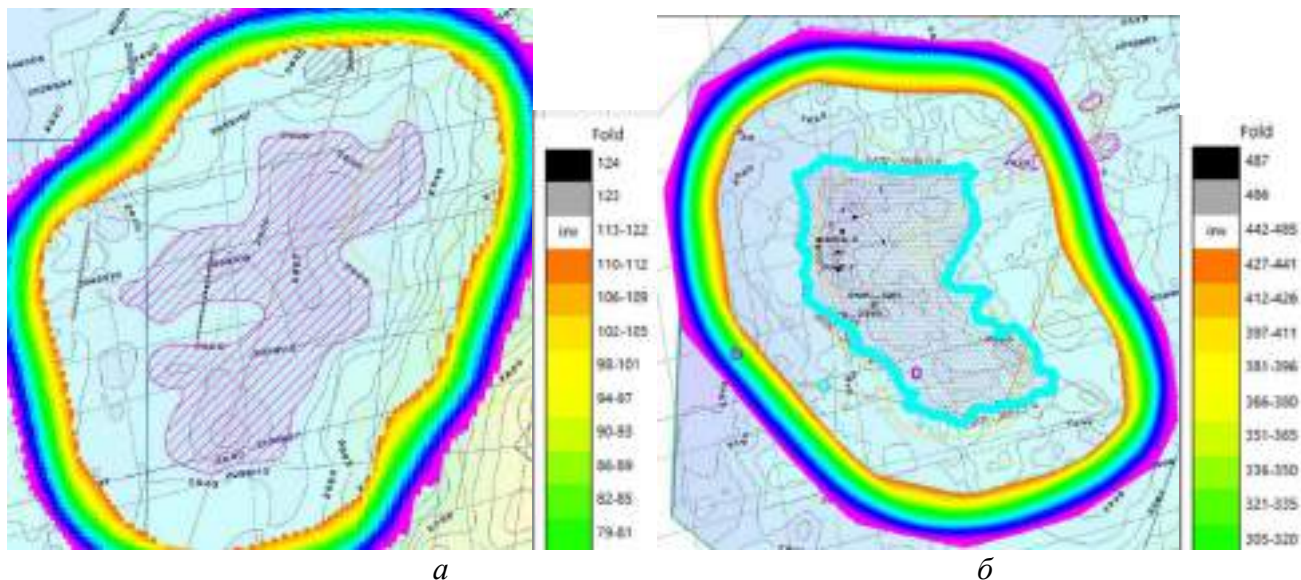


Рис.4: Распределение кратности на изучаемых структурах

Библиографический список:

1. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Учебное пособие. - Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, 2007 г., 703 стр.
2. Резяпов Г.И. Сейсморазведка. Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 309 с.

УДК 553.98:551.1/4

Особенности геологического строения и программа поисково-оценочных работ на Юньяхинской площади

Бугаева Е.В.

Научный руководитель – Маракова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Объектом исследования являются перспективные карбонатные среднекаменноугольные отложения на Юньяхинской площади.

В статье дана оценка перспективной площади исследований, выделен первоочередной объект – Юньяхинская и Кебылауская структуры, дана оценка ресурсов категории D_0 .

Площадь проектируемых работ в административном отношении расположена в Республике Коми на территории МОГО «Воркута». Ближайший крупный населенный пункт – станция Сейда, которая расположена в 33 км от скважины.

В тектоническом отношении площадь исследований расположена в пограничной области надпорядковых тектонических элементов: Уральской складчато-надвиговой области и Предуральского краевого прогиба.

В нефтегазогеологическом отношении Юньяхинская площадь расположена в пределах Интинско-Лемвинского нефтегазоносного района, входящего в состав Северо-Предуральской нефтегазоносной области (НГО) и Восточно-Лемвинского перспективного нефтегазоносного района.

В геологическом строении принимают участие разнообразные по литологическому составу и фациальной принадлежности породы верхнего протерозоя, палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

В пределах Интинско-Лемвинского НГР выделены следующие нефтегазоносные комплексы: Основные ресурсы УВ приурочены к отложениям визейско-нижнепермского ($C_{1V}-P_1$) НГК.

В гидрогеологическом отношении на Юньяхинской площади выделяют юрско-кайнозойский и среднедевонско-триасовый этажи, в составе которых выделяются следующие водоносные комплексы (ВК) и водоносные толщи (ВТ): четвертичный ВК, верхнеюрско-нижнемеловой ВК, ниже-верхнепермская ВТ, каменноугольно-нижнепермский ВК и вехнедевонско-нижнекаменноугольный ВК. По хим составу пластовая вода представляет собой рассол хлоркальциевого типа с минерализацией 82-250 г/л..

В районе Юньяхинской площади проводились след сейсм развед. Исследования: МОГТ 2005 Впервые установлена чешуйчато-веерная модель строения осадочного чехла в районе сочленения внутренней зоны Косью-Роговской впадины с западной структурой зоной Урала. Выявлены перспективные Кебылаюская, Юньяхинская, Малохойлаюская приразломные структуры. Подготовлена к глубокому бурению Юньяхинская структура. Рекомендовано бурение поисково-оценочной скв. 1-Юньяхинская.

Проведена переинтерпретация сейсмических материалов 2D прошлых лет (с/п 3-05 и 3-07), скорректирована структурно-тектоническая модель строения осадочного чехла с учетом результатов бурения скв. 1-Юньяхинская. Выполнены структурные построения по по ОГ I-II(P_1-C), $P_{IV}(C_{1V})$, $Шf(D_{3f})$ и $V_3(O_3)$ в масштабе 1:100000; построены сейсмогеологические разрезы, иллюстрирующие характер сочленения выделенных структурно-тектонических элементов Елецкой структурно-формационной зоны, перекрытой образованиями Лемвинского аллохтона. Построены схематические литолого-фациальные палео профили к началу пермского периода. Уточнена морфология Юньяхинской, Кебылаюской и Больше-Мичаельской локальных структур, выявлены и оконтурены Больше-Мичаельская-II, Ниедзьюская и др. малоамплитудные локальные осложнения.

В структуре осадочного чехла площадь работ в составе Предуральского краевого прогиба принадлежит Косью-Роговской впадине I порядка, ее внутренней дислоцированной зоне, в составе Западно-Уральской структурной зоны – Лемвинскому поперечному опусканию.

Основные перспективы нефтегазоносности района работ связаны преимущественно с наиболее доступным для поисков УВ верхневизейско-нижнепермским карбонатным НГК, который характеризуется высоким коллекторским потенциалом, многочисленными нефтегазопроявлениями и вмещает промышленные залежи УВ.

Поисково-оценочной скважиной 1-Юньяхинская, пробуренной на северном куполе Юньяхинской структуры залежей УВ не установлено. Скважина оказалась заложенной не в оптимальных структурных и литологофациальных условиях основным перспективным горизонтом являются отложения среднего карбона, залегающие под региональной глинисто-карбонатной ассельско-сакмарской (сезымской) покрывкой, промышленно продуктивные на Интинском и Кожимском ГКМ.

Выявленные залежи газа – массивные, сводовые, тектонически экранированные. Коллекторы представлены чередованием плотных и проницаемых, пористых, кавернозных и трещиноватых известняков и доломитов. Для подсчета ресурсов в качестве аналога принято Интинское газоконденсатное месторождение.

Кровля прогнозируемой залежи в среднекаменноугольных отложениях Юньяхинской структуры соответствует ОГ I-II ($P-C$), для оценки ресурсов принят условный уровень ГВК минус 2 150 м – на половину сечения изогипс выше предельно замкнутой изогипсы структуры (рисунок 2.1). Амплитуда ловушки составляет 600 м. Предполагается полное заполнение ловушки. Площадь газоносности в контуре изогипсы минус 2 150 м составляет 69,7 км².

Геологические ресурсы конденсатного газа категории D_0 в среднекаменноугольных отложениях Юньяхинской структуры составили:

$$Q_{к.г} = 69700 \times 20,9 \times 0,092 \times 0,91 \times 237 \times 0,94 / 0,8 = 33\,962 \text{ млн м}^3.$$

Параметры для подсчета конденсата взяты по аналогии со среднекаменноугольной залежью Интинского месторождения: содержание конденсата в газе изменяется от 50 до 150 г/м³, для оценки ресурсов принято значение 100 г/м³. Коэффициент извлечения конденсата принят 0,6

по аналогии с одновозрастными залежами Интинского месторождения. Геологические ресурсы конденсата составили 3 396 тыс. т, извлекаемые – 2 038 тыс. т.

При значении молярной доли «сухого» газа в пластовом 0,97 геологические ресурсы «сухого» газа в среднекаменноугольных отложениях Юньяхинской структуры составили 32 943 млн м³.

Кровля прогнозируемой залежи в среднекаменноугольных отложениях купола «б» Кебылаюской структуры соответствует ОГ I-II (P-C), для оценки ресурсов принят условный уровень ГВК минус 3 750 м – на половину сечения изогипс выше предельно замкнутой изогипсы структуры. Амплитуда ловушки составляет 450 м. Предполагается полное заполнение ловушки. Площадь газоносности в контуре изогипсы минус 3 750 м составляет 26,6 км².

Средневзвешенная по всей залежи эффективная газонасыщенная толщина рассчитана как для Юньяхинской структуры и составляет 20,9 м.

Основные подсчетные параметры приняты по аналогии со среднекаменноугольной залежью Интинского месторождения: коэффициент пористости – 0,092, коэффициент газонасыщенности – 0,91.

Поправка на температуру составила 0,849 для температуры пласта 72,0 °С.

Начальное пластовое давление, вычислено с использованием градиента 0,012 МПа/м и составило 43,2 МПа, приведенное к средневзвешенной плоскости: $43,2 / 0,09807 = 441$ кг/см².

Коэффициент сверхсжимаемости для термобарических условий и состава газа прогнозируемой залежи составил 1,1.

Геологические ресурсы конденсатного газа категории D₀ в среднекаменноугольных отложениях купола «б» Кебылаюской структуры составили:

$$Q_{к.г.} = 26600 * 20,9 * 0,092 * 0,91 * 441 * 0,849 / 1,1 = 15\ 842 \text{ млн м}^3.$$

Геологические ресурсы конденсата составили 1 584 тыс. т, извлекаемые – 950 тыс. т.

При значении молярной доли «сухого» газа в пластовом 0,97 геологические ресурсы «сухого» газа в среднекаменноугольных отложениях купола «б» Кебылаюской структуры составили 15 367 млн м³ [13].

Проектная глубина скважины 3950 м, проектный горизонт – нижний карбон.

Глубина скважины определена исходя из необходимости вскрытия потенциально продуктивных каменноугольных отложений, содержащих промышленные залежи УВ на Интинском и Кожимском месторождениях.

По результатам проектируемых сейсморазведочных работ местоположение и глубина проектной скважины могут быть изменены.

Конструкция скважины представлена в геолого-техническом наряде.

В скважине предусмотрен отбор керна и шлама, ГИС, опробование и испытание продуктивных интервалов.

Библиографический список:

1. Богданов, Б.П. Отчет по теме № 8847 «Обобщение геолого-геофизических материалов по отложениям позднепермского возраста Печоро-Колвинского авлакогена и западного борта Хорейверской впадины с целью поисков геофизическими методами неантиклинальных ловушек» / Б.П. Богданов. Комплексная тематическая экспедиция ПГО «Печорагеофизика», г. Ухта, 1988. – 63 с.
2. Гуревич, Г.С. Нефтегеологические особенности и перспективы поисков нефти и газа на севере Тимано-Печорской провинции: автореф. дис. канд. геол.- минерал. наук: 25.00.12 / Гуревич Григорий Семенович. - СПб., 2001. - 29 с.
3. Тарасов, П.П. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений Колвинского мегавала на основе сейсмофациального анализа / Б.П. Богданов, С.Л. Беляков, В.А. Михеев // Геология нефти и газа. -1989. - № 3. - С. 2-5.
4. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения / М.Д. Белонин, О.М. Прищепа, Е.Л. Теплов, Г.Ф. Буданов и др. - СПб.: Недра, 2004. - 396 с. 97. Тимонин, Н.И. Тектоника гряды Чернышева. - Л.: Наука, 1975. - 130 с.
5. Тимонин, Н.И. Характер контактов и каменноугольных отложений на северо-востоке печорской плиты / Н.И. Тимонин, А.А. Беляев. - Сыктывкар, 2002. - 52 с.

Перспективы поисков залежей нефти нижнедевонско-силурийских отложений Цильегорской депрессии

Мусинская Е.С.

Научный руководитель - Ростовщиков В.Б.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Хорейверская НГО является одной из основных по запасам областей Тимано-Печорской провинции. При этом наиболее изученными являются верхнедевонско-нижнепермские отложения.

Слабоизученным, нереализованным по прогнозным ресурсам остается ордовикско-нижнедевонский нефтегазоносный комплекс. Открытие здесь новых залежей в значительной степени увеличит промышленную значимость региона, сделает его экономически высокорентабельным. Одним из основных структурных элементов Хорейверской впадины, где возможно открытие крупных скоплений углеводородов нижнедевонских отложений является Цильегорская депрессия.

Цильегорская депрессия располагается в юго-восточной части Хорейверской впадины, геологическое изучение которой началось в 50-е годы прошлого столетия.

Цильегорская депрессия, выделенная как структура второго порядка, граничит с однопорядковыми структурами: на западе – с Макариха-Салюкинской антиклинальной зоной, на северо-западе – с Колвависовской ступенью, на северо-востоке – с южной частью вала Сорокина, на юго-востоке – с Хоседаюским валом гряды Чернышова. Депрессия представляет собой отрицательную структуру от субмеридионального простираения в западной части до северо-восточного вблизи Хоседаюского вала.

Геологический разрез района исследований сложен дислоцированными и метаморфизованными отложениями протерозоя, относящимися к фундаменту, и мощным палеозойско-кайнозойским комплексом отложений осадочного чехла от ордовикских до четвертичных.

Развитие и мощности нижнедевонских отложений, как и подстилающих верхнесилурийских зависит от палеоструктурных особенностей и глубины предверхнедевонской эрозии, увеличивающейся в западном направлении в сторону Хорейверского палеосвода. [2]

Основным структурным элементом Хорейверской НГО по нижнепалеозойским отложениям является Большеземельский погребенный свод, формирование которого произошло в предверхнедевонское время за счет инверсии и глубокого размыва нижнедевонско-силурийских отложений (рис. 1). В восточной части Хорейверской впадины прослежена предполагаемая граница выклинивания нижнедевонских отложений. [1]

В результате под тиманскую глинистую региональную покрывку выходят в центральной и западной частях S1, далее на восток, север и юг – S3 и в самой восточной части D1 карбонатные отложения (порово-кавернозно-трещиноватые известняки).

Особое внимание заслуживают нижнедевонские карбонатные отложения, в которых в пределах Хорейверской впадины на склонах Большеземельского свода открыт целый ряд месторождений. Такие месторождения, как: им. Титова, Верхневозейское, им. Требса, Зап-Сандивейское, Баганское и Колвинское. Коллектором для D1 является порово-кавернозно трещиноватые известняки, региональной покрывкой служат тиманские глины. [2]

В период верхнедевонской трансгрессии сформирована надежная региональная глинистая покрывка для таких коллекторов, что и обусловило наличие разнообразных ловушек, зачастую неконтролируемых структурным фактором. Общий фон регрессивного развития нижнедевонского бассейна подчеркивается распространением мелководно-морских, шельфовых фаций до лагунно-шельфовых и лагунных.

В пределах изучаемой территории от размыва сохранилась лишь нижняя глинисто-известняковая пачка. А в западной части района исследований отложения D1 эродированы (скв. 1 Северо-Салюкинская, скв. 5 Колвинская, скв. 30 Севрейшорская). (рис. 2).

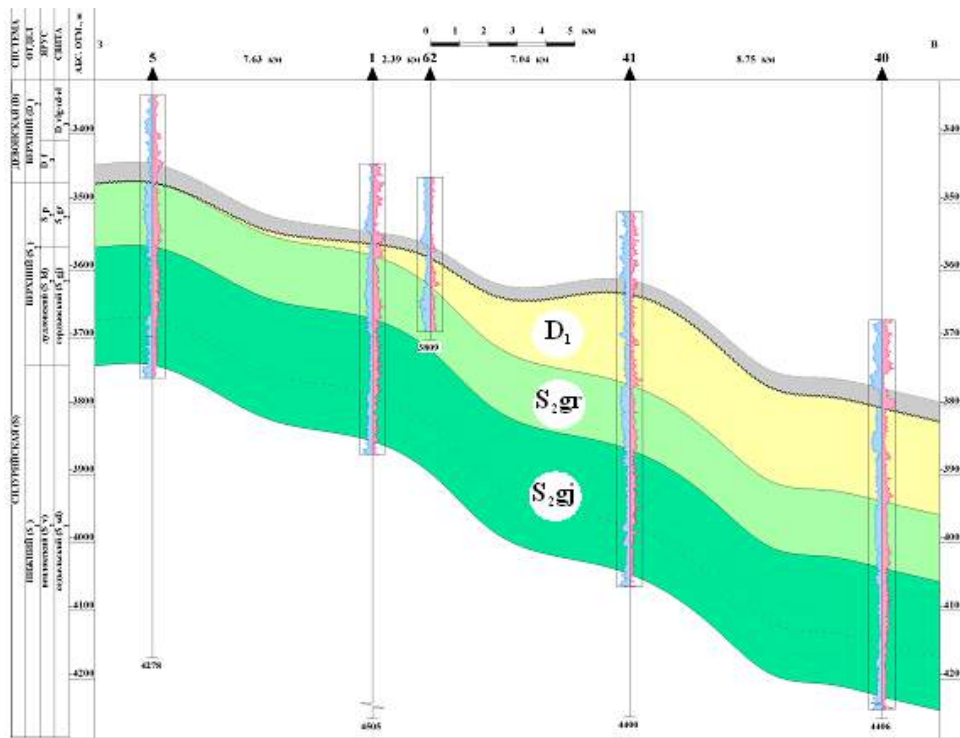


Рисунок 2 – Геологический разрез S2 – D1 отложений по линии скважин: скв. 5, 1, 62-Колвинские – скв. 40-Восточно-Помолесьшорская – скв. 41-Помолесьшорская (по материалам ОАО «Севергеофизика»)



Рисунок 3 – Модель строения структурно-стратиграфической ловушки в нижнедевонских отложениях

Нижнедевонско-силурийские отложения характеризуются высоким нефтегенерационным потенциалом ($> 500 \text{ г/м}^3$), т.к. находились в главной зоне нефтеобразования длительное время после сформировавшихся ловушек под региональной тиманской покрывкой. [2]

На ближайшем Колвинском месторождении Коллависовского НГР залежи нефти установлены в отложениях D_1 и D_3fr_2 .

Колвинское месторождение открыто в 1986 г. параметрической скважиной № 11, пробуренной в присводовой части структуры. Была выявлена залежь нефти в карбонатных отложениях D_1 , получен фонтанный приток нефти дебитом $52,8 \text{ м}^3/\text{сут}$. На месторождении пробурено порядка двадцати поисково-разведочных и параметрических скважин.

В тектоническом плане относится к Коллависовской ступени Большеземельского свода. Коллависовская ступень представляет собой субмеридиальную брахиантиклиналь изометрической формы с тремя локальными поднятиями: Колвинским, Сев-Колвинским и Изьямусьюрским.

Анализ материалов по Цильегорской депрессии позволяет уверенно выделить крупную структурно-стратиграфическую ловушку как аналог Колвинской залежи нефти (рис. 3).

Рекомендации по дальнейшему проведению ГРП

Для подтверждения перспектив нефтегазоносности нижнедевонской структурно-стратиграфической ловушки необходимо проведение следующего комплекса геологоразведочных работ:

1. Сейсморазведка МОГТ 3D и сгущение сети сейсмопрофилей для уточнения строения северо-западной границы ловушки.

2. Анализ сейсмических материалов с целью выделения наиболее перспективных участков по фильтрационно-емкостным параметрам.

3. По результатам вышеперечисленных работ заложение и бурение поисково-оценочной скважины в наиболее благоприятных структурных и литофациальных условиях.

Для Цильегорской депрессии оценка прогнозных ресурсов составляет 100-150 млн. тонн, которые несомненно имеются, но находятся в самых различных нестандартных геологических условиях. [3]

Библиографический список

1. Бакиров А.А., Бакиров Э.А. Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр: Книга 1/ А.А. Бакиров, Э.А. Бакиров, Г.А. Габриэлянц, В.Ю. Керимов, Л.П. Мстиславская. – Москва: Недра, 2012. – 412 с.
2. Большакова Ю. А., Грунис Е. Б., Ростовщиков В. Б. Научно-технический журнал №3 «Геология нефти и газа», 2019. – 128 с.
3. Самойлова А.Н., Тарасов А.Г. и др. Отчет «Проведение сейсморазведочных работ МОГТ 3D на Северо-Мукеркамьльском месторождении в 2016-2017 гг.» по договору №134/16/04 от 12.12.2016 г.

УДК 550.834.53:551.24

Прогнозирование зон АВПД и безаварийная проводка скважин с помощью механического и газового каротажа Тамбейского НГКМ

Шандыбин А.А.

Научный руководитель - Овчарова Т.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Для увеличения запасов и добычи газа необходимо повышение темпов геологоразведочных работ, ускоренное разбуривание новых скважин на вводимых месторождениях с повышением технико-экономических показателей буровых работ. Таким требованиям очень тяжело соответствовать при производстве буровых работ без постоянного мониторинга и контроля инженерно-технического персонала, находящихся на буровой.

Важнейшим на данный момент в реализации данной задачи является направление промышленной геофизики – геолого-технологические исследования (ГТИ) в процессе бурения.

Геолого-технологические исследования – это комплекс методов, применяемых для литолого-стратиграфического изучения бурящейся скважины, соблюдение и корректировка режимов бурения в реальном времени, предоставление геологической службе оперативных рекомендаций и предварительно обработанной информации, оценка продуктивных пластов в открытом стволе.

В этой работе рассмотрим важнейшие показатели для вскрытия пластов-коллекторов, а также для безаварийной проводки скважины – прогнозирование зон АВПД с помощью механического и газового каротажа на примере Тамбейского НГКМ.

Тамбейское месторождение представляет в действительности группу, состоящую из шести отдельных месторождений:

- Северо-Тамбейское месторождение;
- Западно-Тамбейское месторождение;
- Тасийское месторождение;
- Малыгинское месторождение;
- Южно-Тамбейское месторождение;
- Сядорское месторождение.

К нашему примеру возьмем Западно-Тамбейское месторождение.

Западно-Тамбейское НГКМ расположено в северной части полуострова Ямал. В этом районе геологический разрез представлен породами от палеозойского до четвертичного возраста, образующими два мегакомплекса отложений: домезозойский преимущественно метаморфический (осадочно-метаморфический) и мезозойско-кайнозойский осадочный (плитный). Мезозойско-кайнозойский мегакомплекс объединяет осадочные породы платформенного чехла от триасового до четвертичного возраста.

Стратиграфическое расчленение и литологическая характеристика разреза приводится на основе комплексного изучения кернового материала, промыслово-геофизических исследований и сопоставления разрезов скважин Западно-Тамбейской площади, с учетом стратиграфических разбивок, выполненных геологами ПГО «Ямалнефтегазгеология».

Западно-Тамбейское НГКМ в тектоническом отношении расположено на Среднеямальском своде (структура I порядка) Ямало-Гыданской синеклизы (надпорядковая структура), входящей в состав Ямало-Тазовской мегасинеклизы Западно-Сибирской плиты.

Западно-Сибирская плита представляет собой молодую платформу, расположенную между древними Восточно-Европейской и Сибирской плитами. Западно-Сибирская плита ограничена на западе и северо-западе горными сооружениями Урала и Новой Земли, на востоке и юго-востоке – Центрально-Казахстанским нагорьем и Алтае-Саянской складчатой областью, на востоке – Енисейским кряжем.

В строении Западно-Сибирской плиты выделяются три структурных этажа: гетерогенный фундамент, промежуточный доплитный комплекс и мезозойско-кайнозойский платформенный чехол.

Согласно схеме тектонического районирования фундамента Западно-Сибирской плиты территория полуострова Ямал относится к северной части Центрально-Западносибирской складчатой системы. Рельеф поверхности фундамента полуострова Ямал представлен чередованием линейно-вытянутых положительных и отрицательных структур, параллельных Пай-Хою. Здесь в структуре фундамента выделены Байдарацкий и Нейтинский синклинории, Нурминский и Северо-Ямальский антиклинории. Возраст фундамента преимущественно герцинский, ядра антиклинориев выполнены байкальскими складчатыми комплексами и осложнены интрузиями кислого и среднего состава.

На Западно-Тамбейском НГКМ в отложениях комплекса открыто 17 залежей УВ: нефтяные в пластах ТП141, ТП140, ТП131, ТП12, ТП91, газовые в пластах ТП14, ТП9, ТП51, ТП50, ТП3 и газоконденсатные в пластах ТП13, ТП130, ТП121, ТП10, ТП5, ТП30, ТП1.

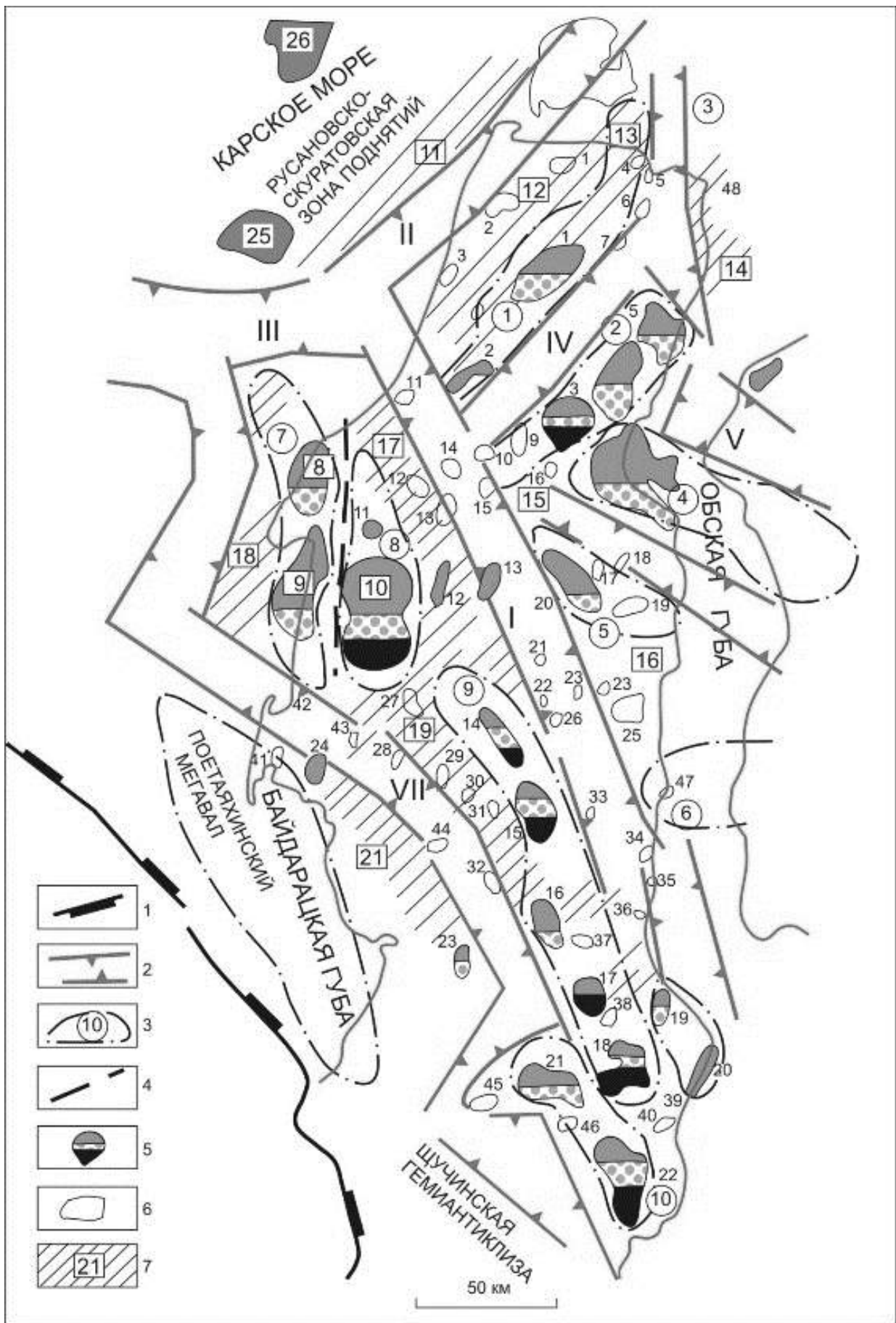


Рисунок 1 – Схема тектонического строения и размещения зон нефтегазонакопления полуострова Ямал.

Альб-сеноманский НГК широко распространен в мегапровинции, особенно в северных районах, где он достигает толщины до 1600м. Представлен переслаиванием песчано-алевролитовых, глинистых пород и углей. Региональной покрывкой служат турон-палеогеновые глины. Комплекс характеризуется преимущественной газоносностью и содержит 60% разведанных запасов газа Западной Сибири. С комплексом связаны крупнейшие месторождения. Нефть имеет в комплексе подчиненное значение и встречается в основном в виде нефтяных оторочек. Исключение составляют несколько залежей тяжелой нефти в Надым-Пурском регионе.

Проницаемые пласты в разрезах Ямала индексируются в верхней части как ПК1-ПК12, в нижней части – как ХМ1-ХМ6.

На Западно-Тамбейском НГКМ в отложениях комплекса открыто восемь залежей УВ: газовые в пластах ХМ3, ХМ2, ХМ1, ХМ10, ХМ0, ПК5, ПК1 и газоконденсатная в пласте ХМ5.

Все вышеуказанные пласты хорошо определяются с помощью механического и газового каротажа.

Газовый каротаж – измерение, изучение количества и состава газа, попавшего в промывочную жидкость во время разбуривания и вскрытия пластов, содержащих газы.

Ввиду того, что газовый каротаж лишь отражает сам факт вскрытия газоносных пластов, зон АВПД, необходимо использовать механический каротаж во время бурения скважины.

Механический каротаж – метод основан на изменении скорости бурения путем измерения времени проходки определенного интервала проходки. Механический каротаж применяется для литологической разбивки разреза, выделения коллекторов и зон АВПД.

Эти два метода выделения коллекторов неразрывны друг от друга и позволяют с высокой точностью выделить продуктивный пласт или зону АВПД.

На диаграмме бурения в метровом масштабе отчетливо выражено увеличение механической скорости при неизменном режиме бурения, а также количественное увеличение газопоказаний в интервале 3477-3511м. Также подтверждением продуктивного пласта является отбор фактического материала (шлама).

Задача определения вхождения в зону АВПД решается главным образом для безаварийной проводки скважины, предупреждения выбросов пластового флюида.

Зона АВПД – это зона в процессе бурения скважины, при котором может выполняться одно, но очень важное условие; пластовое давление должно превышать забойное.

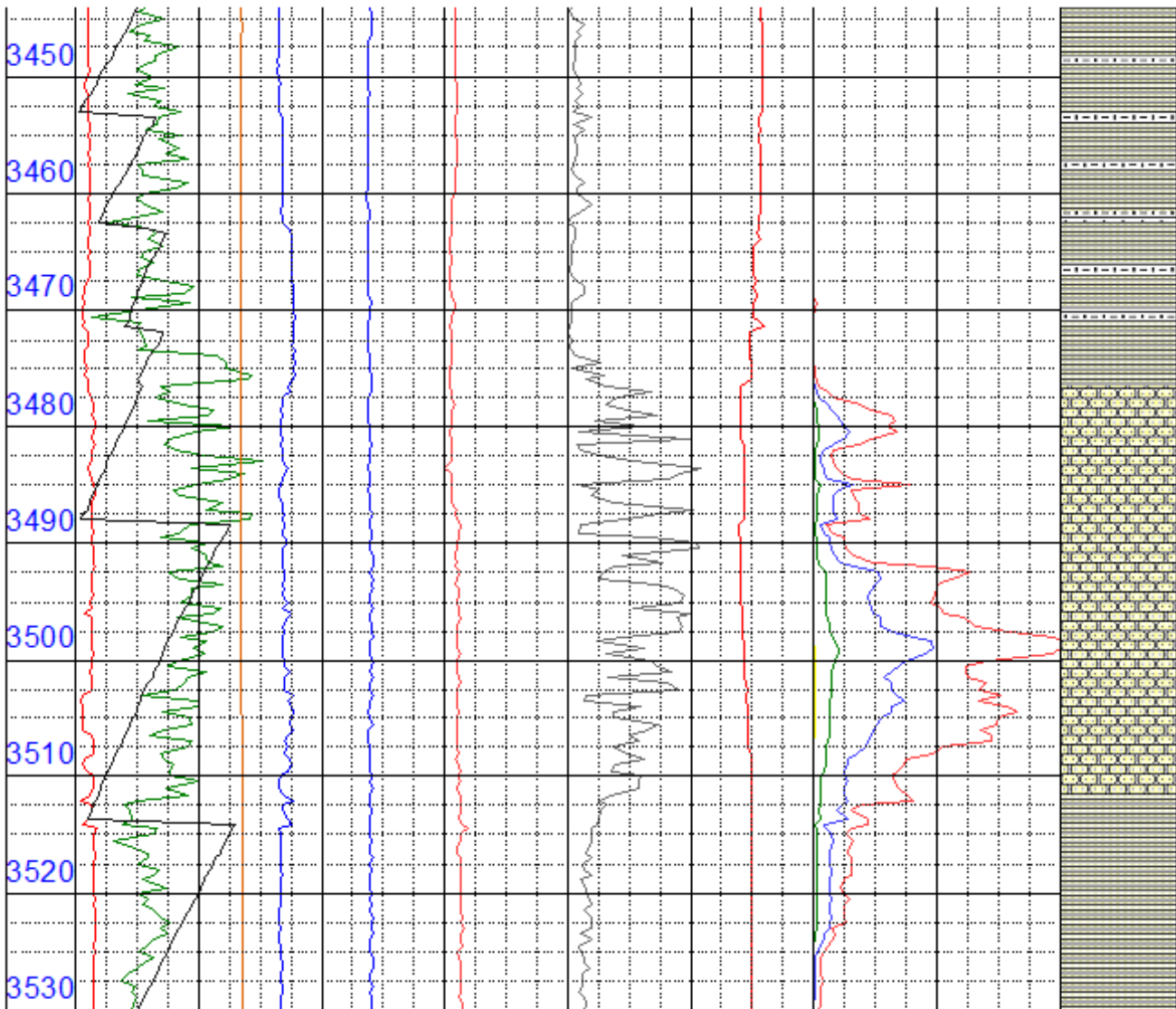
Редко без нарушения соотношения давления между скважиной и пластом, флюид может поступать вместе с выбуренной породой, вследствие диффузии, осмоса, капиллярных перетоков и гравитационного замещения.

Зоны АВПД обычно встречаются в монотонном глинистом разрезе, тогда одним из признаков является мощная глинистая толща с аномально высоким поровым давлением АВПоД. Она является неким барьером давления перед вскрытием зоны АВПД.

В большинстве случаев существенное влияние на пористость и плотность пород оказывает давление, возрастающее с глубиной. С увеличением глубины залегания пористость всех терригенных пород понижается, плотность соответственно возрастает.

Вскрытие зоны АВПД без предварительной оценки создаёт угрозу аварийной ситуации вплоть до фонтанирования скважины.

Г Л У Б И Н А	0	Вес на крюке [9], т 100,0	Давление ПЖ на входе [15]	Скорость механическая [49]	0	Метан абс. [53], .% 10,0	Л И Т О Л О Г И Я
		Нагрузка на долото [12]	0	Расход ПЖ на входе [81]	0	Этан абс. [54], .% 1,00	
	0	Крутящий момент ротора [13]	0	Плотность на выходе [17]	0	Проган абс. [55], .% 1,00	
	0	Обороты ротора [14] 100,0	0	Объем ПЖ в емкостях [39]	0	Буган абс. [56], .% 1,00	
	0	Положение тальблока [46]	0		0	Пентан абс. [57], .% 1,00	



Условные обозначения в литологической колонке:

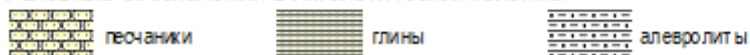
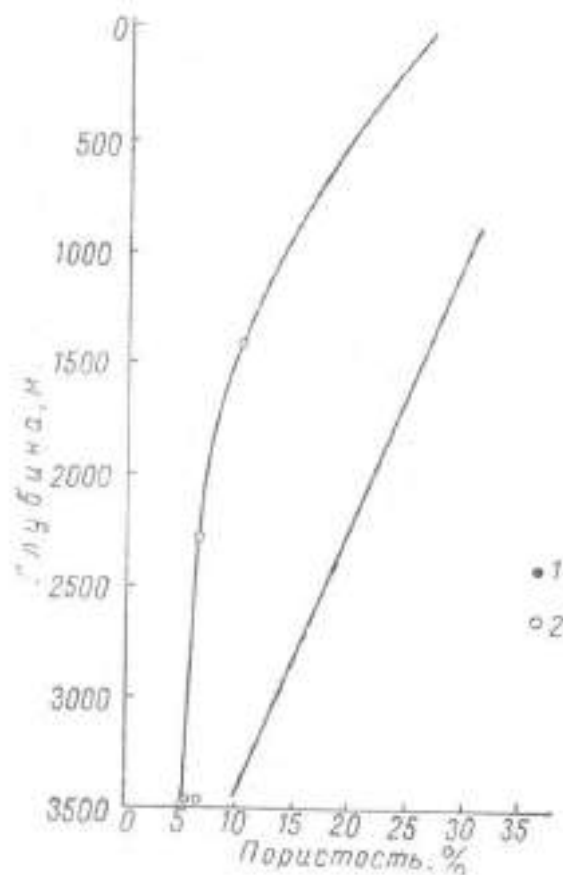


Рисунок 2 – Выделение продуктивного пласта в интервале 3477-3511м.



- 1- песчано-алевритовые породы (содержание фракций крупнее 0,01 мм > 85%);
 2- глинистые породы (содержание глин > 50%).

Рисунок 3 – График зависимости пористости от глубины залегания.

Ввиду вышесказанного признаки приближения в зону АВПД характеризуются:

Таблица 1 – Признаки приближения и вхождения в зону АВПД.

Характерные признаки	Вскрываемый разрез		
	Покрышка	Переходная зона	Зона АВПД
Скорость проходки	–	+	+
Плотность раствора на выходе	0	0 (–)	–
Газосодержание раствора	0	+	+
Флюидные коэффициенты C_1/C_2 , $C_1/C_2 + C_1/C_3$	0	–	+
Количество шлама на виброситах	–	+	0 (+)
Плотность шлама	+	–	–
Общая пористость шлама	–	+	0
Открытая пористость шлама	–	0	+
Размер частиц шлама (только при долоте шарошечного типа)	–	+	0

Примечание. 0 – параметр не меняется; – – уменьшение параметра;
 + – увеличение параметра; () – возможное изменение параметра.

Пластовый флюид может поступать в скважину как разовыми порциями (пачками) при создании кратковременных условий для его «подтягивания» из пласта, так и непрерывно. Поступление флюида в малых объемах создает фоновые газопоказания, а непрерывное поступление из пласта классифицируется как приток.

Безусловные признаки газирования бурового раствора – это повышение его газосодержания, ранее – это увеличение механической скорости проходки, а также снижение плотности бурового раствора на выходе из скважины. Эти признаки появляются при выходе газовой пачки из затрубного пространства скважины.

Если ранее проведение ГИС был единственным методом для получения информации о разрезе скважины, а ГТИ существовало лишь в виде фрагмента ГИС, то сейчас с развитием компьютерных технологий и переход от аналоговых устройств сбора информации к цифровым, позволяют получать информацию о бурении скважины и вскрытии продуктивных пластов в реальном времени, а методы ГИС уточняют глубины залегания и тип флюида. Эффективность проведения ГТИ при бурении скважин напрямую зависит от требований заказчика, в котором сформулированы требования к аппаратуре, датчикам, методике исследований.

Результаты газового каротажа открывают широкие возможности для оперативного определения состава залежи. Во-первых, это использование флюидных коэффициентов, то есть отношений компонентов между собой, с целью определения характера насыщения пластов, состояния флюида в залежи. Во-вторых, это определение изосоединений в составе газоздушной смеси, извлекаемой дегазатором непрерывного действия. Именно соотношение изо- и нормальных соединений помогают выявить геохимические аномалии в разрезе исследуемой скважины, обусловленные различной генетической принадлежностью исследуемых объектов.

Такие стандарты на сегодня, к сожалению, отсутствуют в большинстве геологоразведочных предприятиях, что способствует появлению на рынке нефтегазовых сервисных услуг мелких фирм, работающих на старом, без паспортов, списанном оборудовании, которые совершенно не соответствуют сегодняшним методикам по проведению ГТИ.

В западных компаниях отсутствие сертификата не позволяет таким фирмам даже подать заявку на участие в тендере, тем самым повышая стоимость на проведение работ сертифицированным фирмам. А чем выше стоимость, тем выше оплата труда у сотрудников, тем больше мотивация к развитию профессиональных навыков и квалификационных знаний сотрудников этих фирм.

Только комплексное решение всех перечисленных проблем обеспечит переход службы ГТИ на новый уровень, что позволит конкурировать с передовыми методиками зарубежных фирм.

Библиографический список:

1. РД 153-39.0-069-01 «Техническая инструкция по проведению геолого-технологических исследований нефтяных и газовых скважин».
2. РД 39-0147716-102-87 «Геолого-технологические исследования в процессе бурения», Уфа 1987 г.
3. Лукьянов Э. Е., Стрельченко В. В. «Геолого-технологические исследования в процессе бурения» – М.: Нефть и газ, 1997, с. 688, ил.
4. Мирзаджанзаде А. Х., Сидоров Н. А., Ширинзаде С. А. «Анализ и проектирование показателей бурения» – М.: Недра, 1976.

Оценка современной сейсмологической обстановки территории Узбекистана по комплексу прогностических параметров

Арзиев А.Ш., Маматказин М.А., Арзиева Ш.Ш.

Научный руководитель - Демченко Н.П.

Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия

Территория Узбекистана располагается в сейсмической опасной зоне. Прогнозирование землетрясений (сейсмо-катастроф), ведущих к баснословному экономическому ущербу и массовой гибели людей на данный момент времени во всём мире является актуальной и сложной задачей всех наук, изучающих Землю.

В научной работе проведен анализ пространственного положения эпицентров сильных землетрясений, произошедших на территории Узбекистана, начиная с исторического периода времени. В результате исследований сделан вывод, что эпицентры сильных землетрясений располагаются не равномерно по сейсмоактивной зоне, а концентрируются в виде групп в областях с линейными размерами 50-80 км. С учетом даты последнего землетрясения, произошедшего в сейсмоактивной зоне, и в различных ее сегментах, в предположении, что сильные землетрясения образуют Пуассоновский поток событий, оценена вероятность возникновения очередного сильного землетрясения в зоне на текущий момент времени.

В работе также проводится анализ существующих методов прогноза землетрясений от долгосрочных до сверхоперативных.

Территория Узбекистана располагается в сейсмической опасной зоне (рис.1).

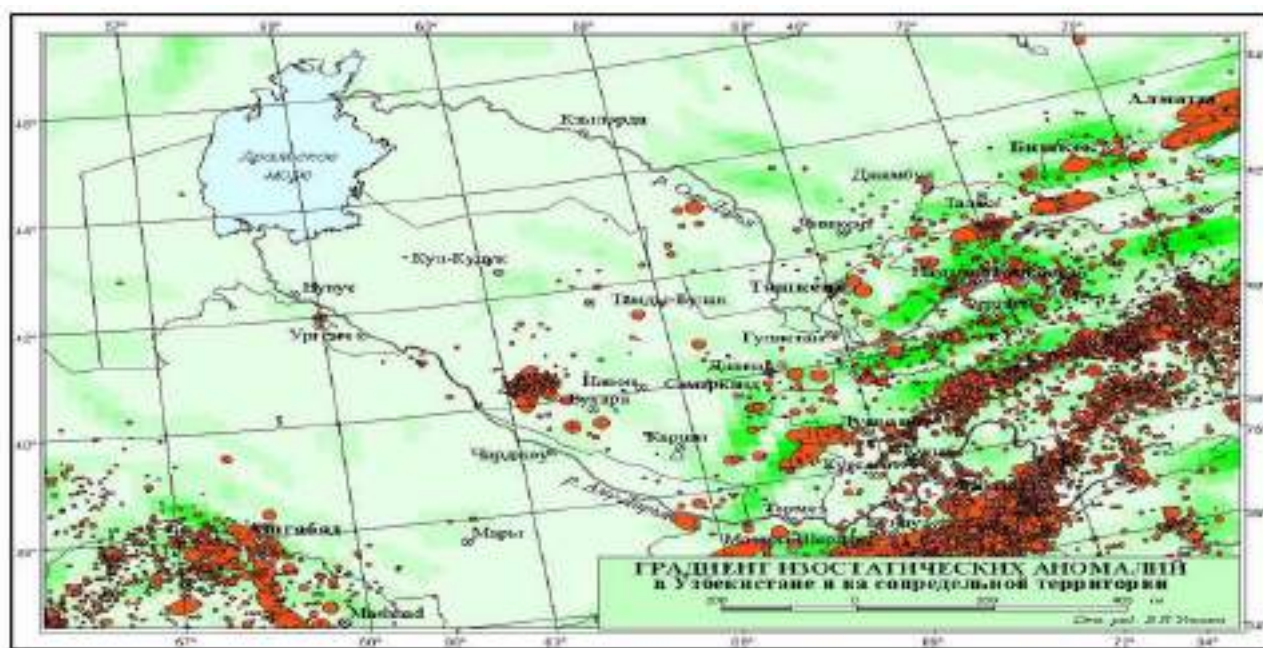


Рисунок 1 - Градиент изостатических аномалий в Узбекистане и на сопредельной территории

Наиболее чётко очагами землетрясений разного ранга (разных магнитуд) выявляются Памиро-Гиндукушская и Южно-Тянь-Шаньская зоны. Памиро-Гиндукушской зоне, расположенной большей частью на территории Афганистана, на границе Индийской и Евразийской литосферных плит, свойственны сейсмические очаги с глубиной залегания до 300 км от земной поверхности. На остальной территории Центральной Азии очаги землетрясений залегают преимущественно на глубинах 10-20 км.

Экологический атлас Узбекистана показывает, что в районах предполагаемой площадки возведения станции есть эпицентры с 6 и 6,5 баллами по шкале Рихтера, а интенсивность возможных землетрясений - 7 баллов.

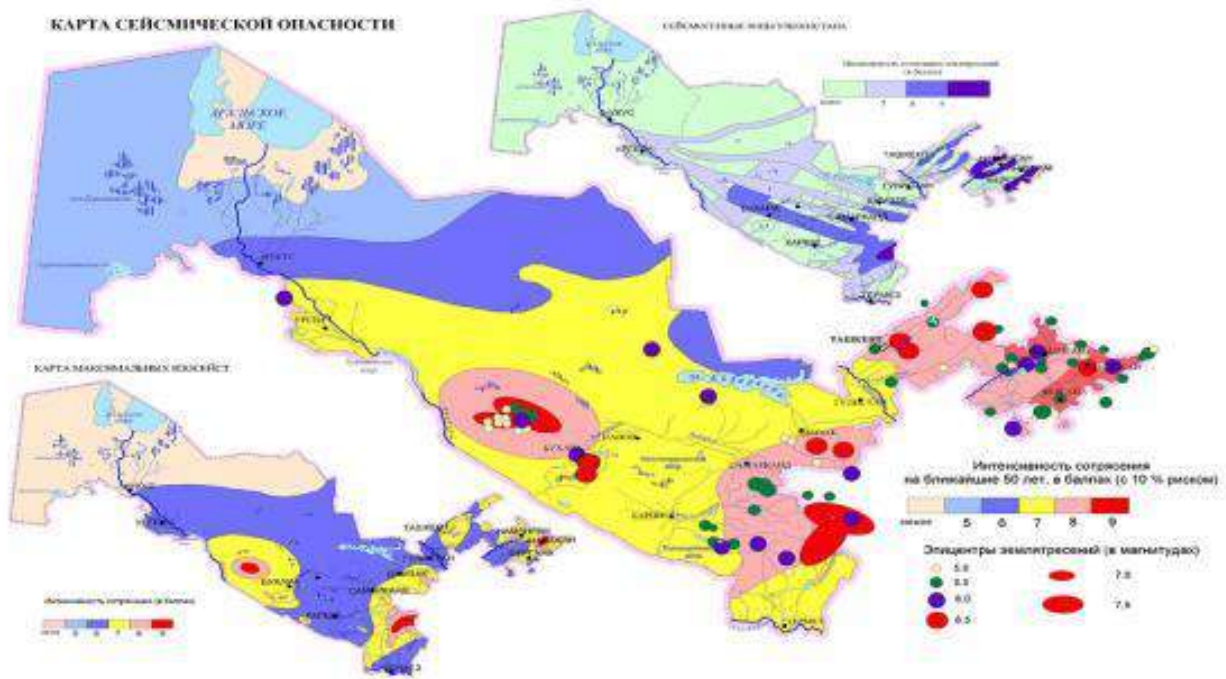


Рисунок 2 - Карта сейсмической опасности

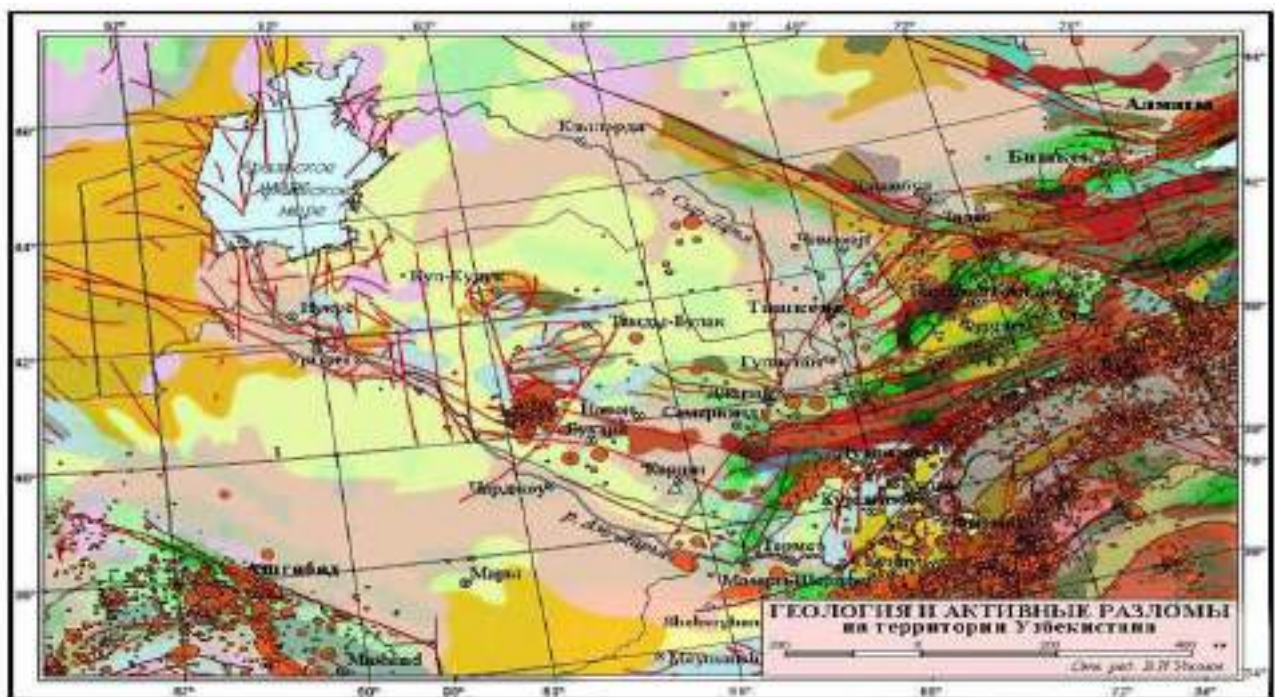
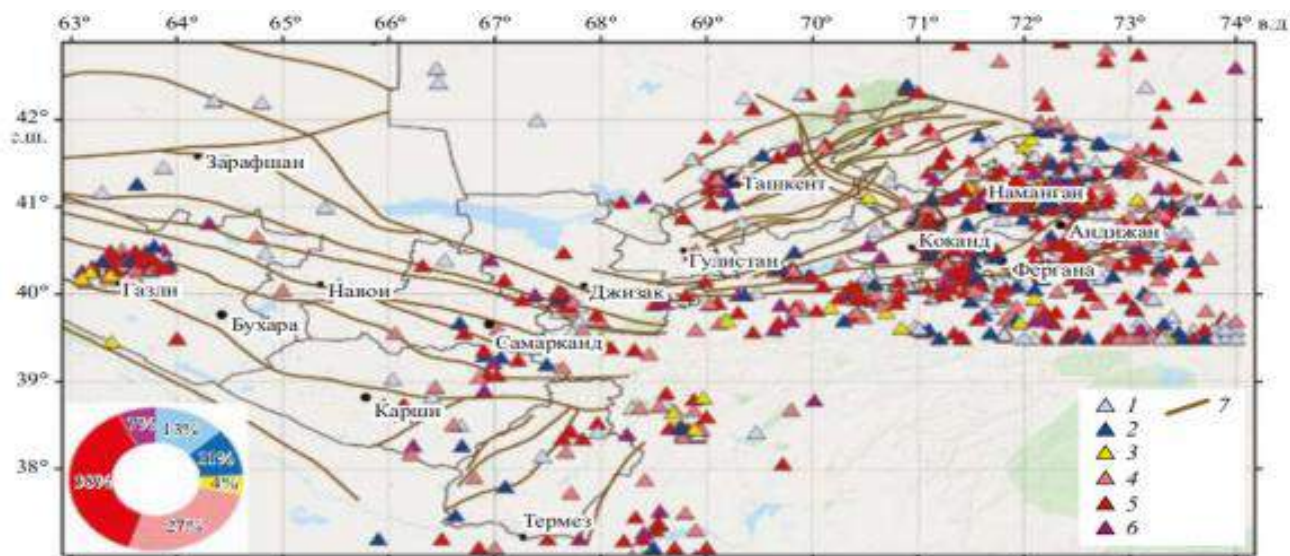


Рисунок 3 - Сейсмогеологическая карта

Проведённое на данном уровне детальности реконструкция позволила получить параметры напряженного состояния практически всей активной части территории Узбекистана. Исключение составили несколько областей в которых даже при столь мягких ограничения по статистическим соображениям реконструкции провести не удалось.

На карте (рис.4) показано площадное распределение землетрясений из сводного каталога механизмов очагов землетрясений по шести кинематическим типам разрыва в очаге. На исследуемой территории встречаются все типы механизмов очагов, но преобладают взбросы и взброс с сдвиги. Этим типам механизмов очагов отвечает близгоризонтальное положение оси

сжатия Р и близ-вертикальное положение оси растяжения Т. Значительная часть сбросов и сброс сдвигов в восточной части территории происходила в пределах узкой Алайской долины, расположенной между Южно-Ферганским и ЮжноТянь-Шаньским разломами, в центральной части Таласо-Ферганского разлома и в пределах Ферганской межгорной впадины.



1—6 - кинематические типы разрыва в очаге: 1 - сброс; 2 - сбрососдвиг; 3 - сдвиг по простиранию; 4 - взбрососдвиг; 5 - взброс; 6 - взрез или пологий поддвиг; 7 - активные разломы.

Рисунок 4 - Распределение по площади землетрясений с различным кинематическим типом разрыва в очаге (по [Ребецкий, 1997])

Геологические структуры Западного Тянь-Шаня существенно различаются по рельефу, геологическому строению и истории геологического развития. На востоке они представлены высокими горными складчатыми сооружениями, состоящими из палеозойских образований, и межгорными и предгорными впадинами, покрытыми мезозойскими и кайнозойскими отложениями. На западе эти отложения, с меньшей мощностью, покрывают обширные равнины эпипалеозойской Туранской плиты, а палеозойские породы местами выступают в виде возвышенностей небольшого размера в пределах Кызылкумов.

Первая «Карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы» была построена в конце 2015 года [1–3] и передана в МЧС РУз для проведения необходимых антисейсмических мероприятий. Практически все сильные землетрясения, произошедшие на территории Узбекистана и в сопредельных с ним областях в 2016–2017 гг., попали в выделенные на данной карте области долгосрочного прогноза, в которых вероятность их возникновения оценивалась как «высокая» и «очень высокая».

Анализ пространственного положения эпицентров сильных ($M \geq 4.7$, $K \geq 12,6$) землетрясений, произошедших на территории Узбекистана начиная с исторического периода времени показал, что они располагаются не равномерно по сейсмоактивной зоне, а концентрируются в виде групп в областях с линейными размерами 50–80 км. Эти скопления показаны на карте эпицентров эллипсами различных размеров.

На основе эмпирического распределения пространственно-временных интервалов возникновения последующего сильного землетрясения относительно предыдущего, с учетом места и времени возникновения последних сильных землетрясений в зоне, построена карта областей ожидаемой сейсмической активизации территории Узбекистана на ближайшие годы по данному прогностическому признаку.

Для различных прогностических параметров сейсмического режима размеры круговых областей, в которых они рассчитывались, а также пороговые значения параметров, выход за которые интерпретировалось как проявление аномалии, выбирались на базе ретроспективного

анализа динамики сейсмического процесса в областях подготовки уже произошедших сильных землетрясений (с этой целью были проанализированы временные изменения параметров сейсмического режима в очаговые зоны свыше 40 землетрясений).

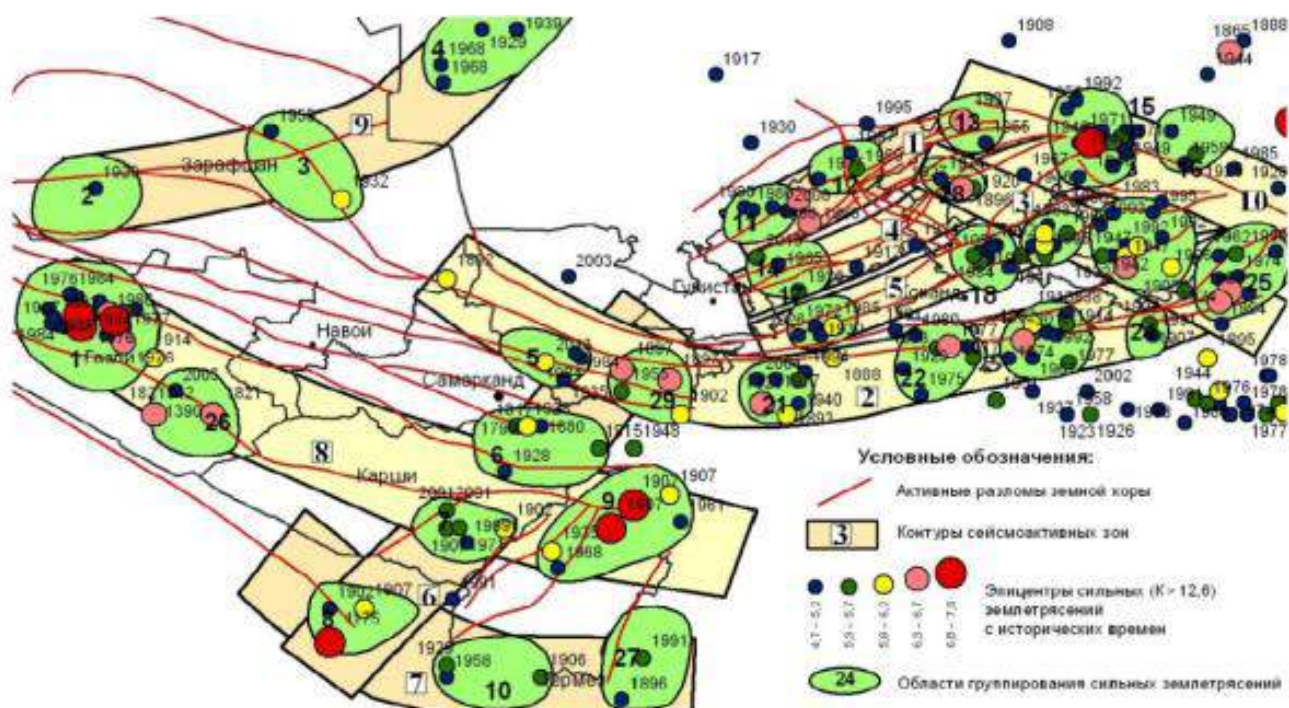


Рисунок 5 - Сейсмоактивные зоны территории Узбекистана и эпицентры сильных ($M \geq 4,7$) землетрясений с исторических времен

По числу проявившихся аномальных признаков были введены четыре градации для характеристики степени сейсмической опасности каждой очаговой зоны на текущий момент времени.

На сегодняшний момент времени на территории Узбекистана выделено 5 областей с очень высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения и 10 областей с высокой вероятностью возникновения сильного землетрясения. Десять из этих областей располагаются в Восточном Узбекистане и четыре – в Центральном Узбекистане.

Анализ параметров сейсмического режима показал, что практически все области концентрации сильных землетрясений с исторических времен, расположенные в пределах Южно-Ферганской и Северо-Ферганской сейсмоактивных зон, на сегодняшний момент времени характеризуются высокой и очень высокой вероятностью в них сильных землетрясений в ближайшие годы. Очень высокой вероятностью возникновения сильных землетрясений характеризуются также несколько областей, расположенных в южной части Восточно-Ферганской сейсмоактивной зоны.

На этом же рисунке приведены активные разломы земной коры и выделенные на их основе сейсмогенерирующие зоны [Ibragimov et al., 2002].

Как видно на рисунке 9, для всей территории Узбекистана в целом преобладают близмеридиональное направление оси сжатия и близширотное – оси растяжения. Азимут оси растяжения имеет несколько больший разброс, чем оси сжатия. Анализ углов погружения осей сжатия и растяжения свидетельствует о том, что для большинства сейсмических событий первая из них субгоризонтальна, а вторая – субвертикальна.

Таким образом, характер распределения в пространстве осей сжатия и растяжения в очагах слабых и умеренных землетрясений (а именно эти события в сводном каталоге составляют подавляющее большинство) для всей исследуемой территории хорошо согласуется с этими же характеристиками, определенными ранее [Безродный, Туйчиев, 1987] по механизмам

очагов сильных землетрясений. Вместе с тем, распределение этих же параметров для отдельных районов (см. рис. 4) показывает их существенную вариабельность.

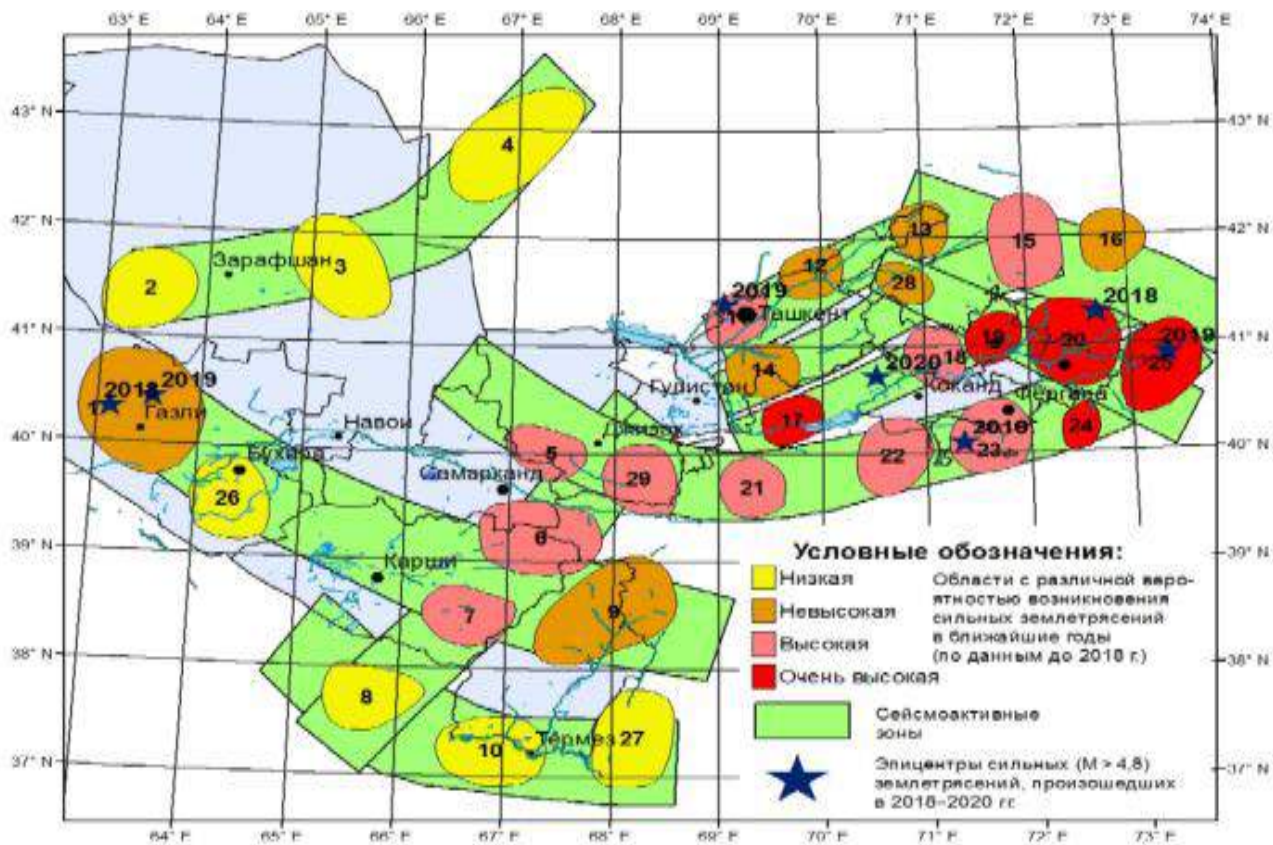


Рисунок 7 - Действующая на территории Республики Узбекистан карта областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы по комплексу прогностических параметров сейсмического режима

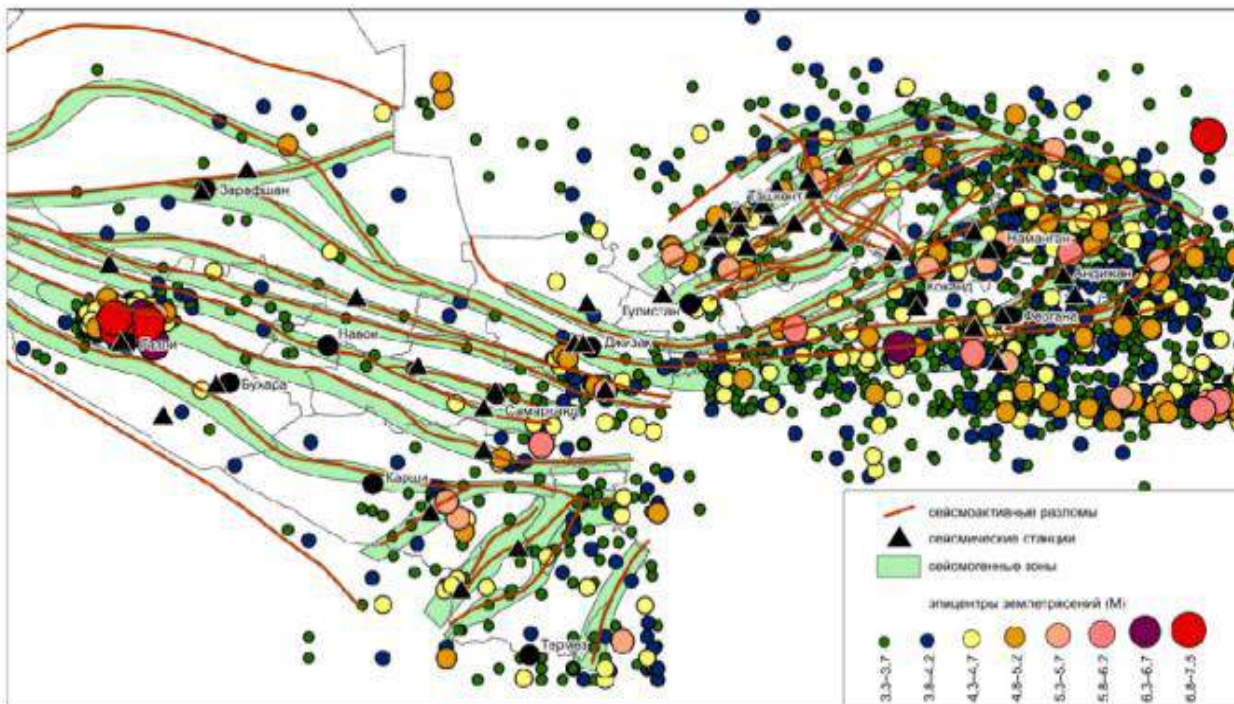


Рисунок 8 - Сеть сейсмических станций и карта эпицентров инструментально зарегистрированных землетрясений с $M \geq 3,5$ начиная с 1955 г.

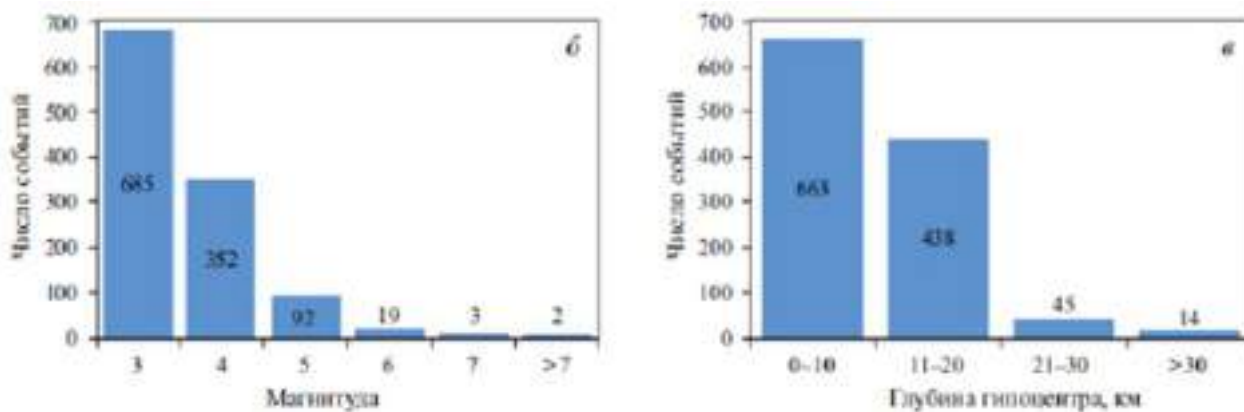


Рисунок 9 - Карта механизмов очагов землетрясений (а), вошедших в свободный каталог механизмов очагов землетрясений территории Узбекистана, и гистограммы их распределения по магнитуде (б) и глубине (в).

Предвестники землетрясений и основанные на них методы прогноза:

1. Изменение сейсмических, магнитных, электрических свойств (прогноз по комплексу прогностических параметров сейсмического режима, магнитометрия).

2. Форшоковые и афтершоковые проявления Форшок (англ. *Foreshock*) — англицизм, означающий землетрясение, произошедшее до более сильного землетрясения и связанное с ним примерно общим временем и местом.

3. Изменение дебита скважин. Дебит нефти или газа - объем нефти или газа, поступающих в единицу времени из естественного или искусственного источника (колодца, буровой скважины и тд).

4. Нестандартные комбинации химических элементов.

5. Атмосферные явления – облака-Герольды.

6. Аномально резкая засуха.

7. Не стандартное поведение животных (сейсмобиологический метод),

8. По зафиксированной волне инфразвуковых колебаний (КаУ-волна), зная её параметры, можно с высокой точностью определить все характеристики надвигающейся сейсмоактивности за долго до катастрофы. (Метод Козырева-Ягодина). Корреляция пиков аномалий данной волны и последующих землетрясений равна - 0,98.

Выводы по научной работе:

1. Причинами землетрясений являются: движение тектонических плит, бесконтрольная разработка месторождений, места остановки разрывов от происшедших землетрясений являются дополнительными концентраторами напряжений.

2. Проведённый анализ методов прогноза землетрясений и их оценка показал, что наиболее достоверным методом в настоящее время является прогноз по комплексу прогностических параметров сейсмического режима.

3. Проведенный анализ современной сейсмообстановки на территории Узбекистана позволил сделать вывод, что если увеличить сеть сейсмостанций и объединить в союз самые продуктивные и подходящие для данной сейсмической зоны методы в специальной сети, то можно будет предсказывать сейсмические толчки с максимальной точностью, не только на территории республики, что в свою очередь позволит своевременно эвакуировать население и не допустить экологических инцидентов.

Библиографический список

1. Артиков, Т.У. Синоптический долгосрочный прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана / Т.У. Артиков [и др.] // Геориск. – 2017. – № 2. – С. 20–28.

2. Артиков, Т.У. Методология синоптического прогноза мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана / Т.У. Артиков [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. 2017. – № 2. – С. 59–65.
3. Artikov, T.U. Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan / T.U. Artikov [et al.] // Geodesy and Geodynamics. – 2018. – Vol. 9, Iss. 2. – P. 121–130. DOI: 10.1016/j.geog.2017.11.005.
4. Ризниченко, Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды / Ю.В. Ризниченко. – М.: Наука, 1985. – 408 с.
5. Артиков, Т.У. Взаимосвязь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах / Т.У. Артиков [и др.] // Геология и минеральные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 56–64.

УДК 551.21(649.3)

Вулканизм. Вулкан на острове Ла-Пальма

Тургенева О.О.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

В настоящее время на Земле насчитывают около 600 действующих вулканов. Большинство из них находится на материках и островах и объединено в гигантские вулканические пояса. Самый большой из них — Тихоокеанское вулканическое кольцо — расположен вокруг Тихого океана. В нём сосредоточено более 80% всех действующих вулканов. Другой вулканический пояс тянется вдоль берегов Средиземного моря через Евразию до Больших Зондских островов. Большое количество активных вулканов находится на дне океанов, особенно много их в Тихом океане.

Около 250–400 млн лет назад на территории России было много действующих вулканов. Большинство из них располагалось полосой вдоль нынешних Уральских гор. Отдельные потухшие вулканы есть в Сибири. Молодые вулканы Эльбрус и Казбек находятся в горах Кавказа. Современные действующие вулканы есть на полуострове Камчатка и Курильских островах.

Учёные считают, что Эльбрус извергался более 1 500 лет назад и сейчас «спит».

Вулканы Пальма, как и все Канарские острова, имеет вулканическое происхождение. Сформировавшийся примерно 2 миллиона лет назад, это один из самых молодых островов архипелага. Он был образован при извержении подводного вулкана, находящегося на глубине 4000 метров ниже уровня моря.

Кумбре-Вьеха — активная вулканическая гряда на острове Пальма, Канарские острова, Испания (рисунок 1). Этот хребет тянется с севера на юг, охватывая южную треть острова и на территории которого расположен ряд вулканических кратеров.

Пальма — вулканический остров, второй среди Канарских островов по вулканической активности. Извержения в Кумбре-Вьеха были зафиксированы в 1470, 1585, 1646, 1677, 1712, 1949, 1971 и 2021 годах.

Пальма (исп. La Palma, также после испанского завоевания Канар носил имя Сан-Мигель-де-ла-Пальма. Всего на острове площадью 708,32 км² проживает 87 163 человек (2011). В 2002 году ЮНЕСКО объявило остров Пальма мировым заповедником биосферы. Возможно, остров упоминается у Плиния Старшего под названием лат. *Juponia Maior* (Юнония Большая, в честь Юноны). На нём до 16 века обитали гуанчи. Испанцы называли его Пальма (артикуль *la* указывает на женский род слова «пальма»), а после полного его завоевания «отдали под покровительство» архангела Михаила, переименовав в Сан-Мигель-де-ла-Пальма. Пальма, как и все Канарские острова, имеет вулканическое происхождение. Сформировавшийся примерно 2 миллиона лет назад, это один из самых молодых островов архипелага. Он был образован при извержении подводного вулкана, находящегося на глубине 4000 метров ниже уровня моря. Пальма составляет около 6500 метров, если измерять со дна Атлантического

океана. Он является третьим среди самых высоких островов мира по отношению к своей площади (уступая только острову Пику на Азорских островах и острову Фогу на Кабо-Верде). Цепь вулканов Кумбре-Вьеха (исп. Cumbre Vieja) делит остров на две ярко выраженные климатические зоны. В южной части Пальмы некоторые вулканы по-прежнему находятся в активном состоянии (рисунок 2).



Рисунок 1 — Кумбре-Вьеха [1]

19 сентября 2021 года в 15:13 по местному времени (или в 17:13 по московскому) на вулканической гряде Кумбре-Вьеха в южной части острова Ла-Пальма началось сильное извержение. Сначала одна крупная трещина начала выбрасывать из себя лаву и раскаленный пепел, через час образовалось ещё несколько трещин. За несколько дней потоки лавы добрались до побережья, уничтожив по пути лес, посевы, здания и дороги. Тысячи людей были вынуждены сняться с мест, когда эта раскаленная река двинулась к океану. А вулкан пока не собирается утихомириваться. В результате извержения в 2021 году было эвакуировано 6 000 человек из населённых пунктов острова. Лава этого вулкана очень жидкая и текучая, она быстро залила весь склон к юго-западу от гряды на 11 квадратных километров.

19 сентября 2021 года в 15:13 по местному времени (или в 17:13 по московскому) на вулканической гряде Кумбре-Вьеха в южной части острова Ла-Пальма началось сильное извержение. Сначала одна крупная трещина начала выбрасывать из себя лаву и раскаленный пепел, через час образовалось ещё несколько трещин. За несколько дней потоки лавы добрались до побережья, уничтожив по пути лес, посевы, здания и дороги. Тысячи людей были вынуждены сняться с мест, когда эта раскаленная река двинулась к океану. А вулкан пока не собирается утихомириваться. В результате извержения в 2021 году было эвакуировано 6 000 человек из населённых пунктов острова. Лава этого вулкана очень жидкая и текучая, она быстро залила весь склон к юго-западу от гряды на 11 квадратных километров.

Кроме того, активно продолжался выброс пепла, вулканических бомб и пирокластических обломков. Улицы, дома и дороги засыпало густым слоем пепла. Остров Пальма изменился до неузнаваемости. Повсюду вулканический пепел: он лежит во дворах,

покрывает крыши, хрустит под ногами. Извержение было одним из самых сильных за последнее время и продолжалось больше месяца.



Рисунок 2 — Остров Ла-Пальма [2]

Вулканизм Кумбре-Вьеха не совсем обычен, это не субдукционный вулкан, какие преобладают на планете и находятся на стыке тектонических плит. Общеизвестная теория тектоники плит никак не могла объяснить внутриплитный вулканизм. Теория горячих точек возникла вскоре после появления теории тектоники плит для объяснения именно внутриплитного магматизма и очень гармонично дополняет её.

Сейчас большинство исследователей сходятся на том, что горячие точки возникают над горячими мантийными потоками, или плюмами, идущими от ядра Земли.

Классическим примером работы вулканизма над горячим пятном стал Гавайский архипелаг, растянувшийся почти на 2,5 тысяч км. Далее он продолжается в подводных хребтах (Гавайский и Императорский), простирающихся до Камчатки, где Тихоокеанская плита погружается в мантию. Тектоническая плита медленно скользит над горячей точкой, в результате чего образуется новый активный вулкан, а старые вулканы затухают (рисунок 2). Тихоокеанская плита движется к северо-западу, поэтому самые активные вулканы находятся на юго-востоке Гавайского архипелага. На северных островах располагаются только потухшие вулканы и они понемногу разрушаются.

Самые крупные горячие точки на планете - это Гавайская горячая точка; Исландская горячая точка; Йеллоустонская горячая точка; горячая точка Самоа; горячая точка Азорских островов.

Сегодня открыты гигантские скопления горячего вещества на дне мантии. Создаётся единая теория тектоники всей мантии Земли, описывающая взаимодействие и эволюцию плит, плюмов и плавающих континентов

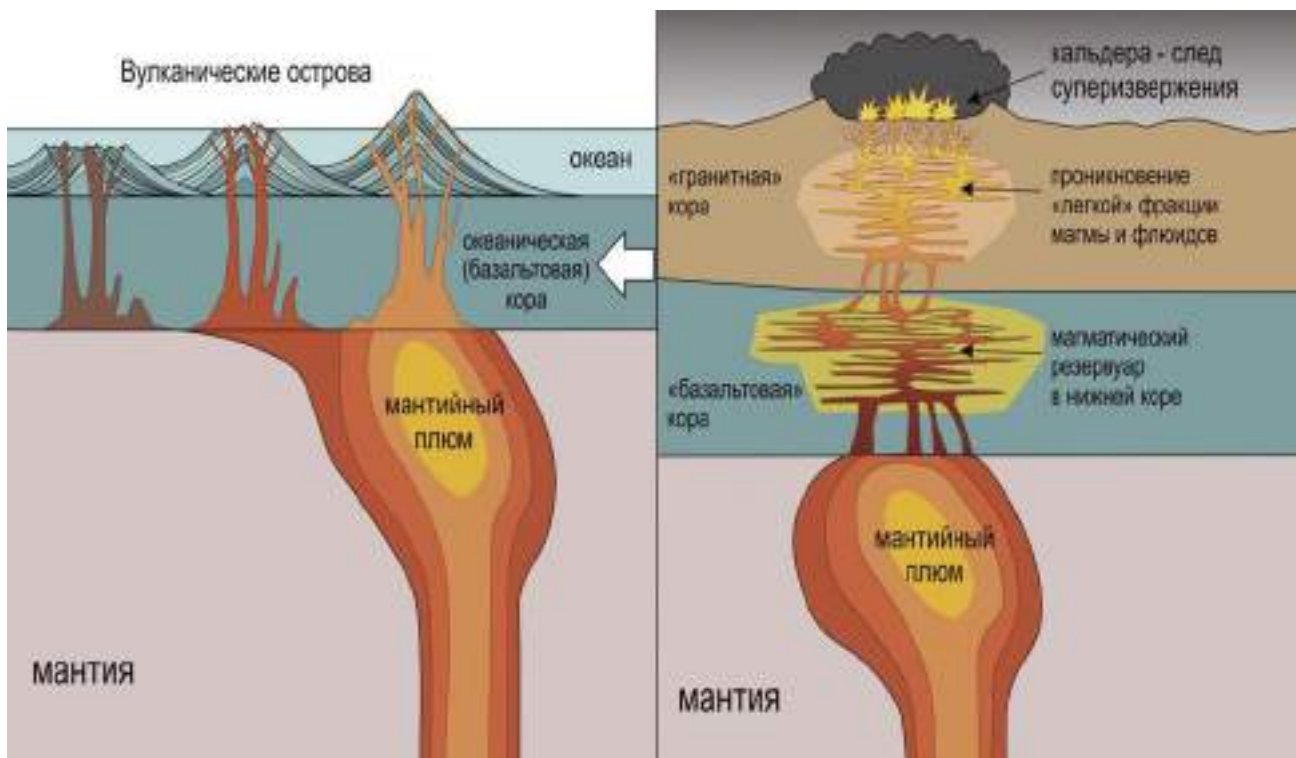


Рисунок 3 — Формирование активного вулкана над горячей точкой [3]

Библиографический список:

1. [https://wiki2.org/ru/Пальма_\(остров\)](https://wiki2.org/ru/Пальма_(остров))
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница
3. https://yandex.ru/images/search?pos=11&from=tabbar&img_url=https%253A%252F%252Fwww.sbras
4. https://ccdi.ru/clubs/68_posledstviya-izverzheniya-vulkana-na-kan.html

УДК 549.08:614.878:502.1

Обманчивая красота минералов

Шутов Д.А.

Научный руководитель - Бакулина Л.П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Минералы – это доля природы, одна из весомых и ценных её составляющих. Минералы сделаны в натуральных критериях, владеют невообразимой энергетикой, целебными и магическими качествами. Но как демонстрирует статистика несчастных случаев, не все природные соединения идентично могут быть полезны. Между тысяч горных пород и минералов есть маленькие вкрапления – до смерти опасные! Хитросплетение определённых составляющих таблицы Менделеева формирует в высшей степени ядовитые соединения, контакт с которыми для человека имеет возможность окончиться в том числе и смертельным финалом. Феноменально, но всё ядовитое в природе смотрится очень презентабельно.

На данный момент установлено больше 5336 обликов минералов, но не все они безопасны. Некоторые виды минералов имеют все шансы нанести нешуточный урон нашему самочувствию и находящейся вокруг среде.

Открывает список – асбест (рис. 1). Это самый опасный минерал на планете – механический «диверсант» наших лёгких. Залежи состоят из скоплений крохотных и нитевидных кристаллов, легко переносимых потоками воздуха и с лёгкостью попадающими в

легкие человека. Асбест является причиной асбестоза и рака (рак бронхов, почек и гортани). Вредность асбестовых волокон зависит от диаметра и длины волокон.



Рисунок 1 – Асбест – механический «диверсант» лёгких человека и животных

Киноварь или же «кровь дракона» – самый ядовитый минерал, руда на ртуть (рис 2). Чистая ртуть при обработке или нагреве вызывает судороги, утрату чувствительности и в последнем случае – смертельный финал. Еще невероятнее то, что некоторые из античных врачей считали, что киноварь содержала лечебные качества, и прописывали её для исцеления определенных болезней.



Рисунок 2 – Кристаллы киновари

Единственное, что имеет возможность быть ужаснее самого мышьяка это минерал, состоящий из мышьяка и серы. Такими природными соединениями являются аурипигмент и реальгар (рис. 3). Два схожих по составу минерала могут нанести серьезный вред организму человека. Цвета аурипигмента и реальгара смотрятся достаточно заманчиво, но если кристаллы данных минералов попадут в руки, они способны выделить канцерогенный, нейротоксический порошок мышьяка.

В античные эпохи в растолчённые образцы этого камня опускались стрелы, которые затем использовались против врагов с целью отравления – довольно искусный способ бросания камня. Аурипигмент известен тем, что он испускает мощный запах чеснока по причине содержания в нём мышьяка.



Рисунок 3 – Природные соединения мышьяка и серы – аурипигмент (А) и реальгар (Б)

Еще один из опасных минералов, внешне похожий с серебром – стибнит (рис 4). Кристаллы стибнита бывают до 30 сантиметров. По этой причине, огромные, блестящие металлические кристаллы использовались когда-то для отлива посуды. Однако кристаллы приносили смерть всем тем, кто их использовал. Даже если образцы стибнита собраны для коллекции, с ними следует обращаться с большой осторожностью, чтобы избежать отравления.

В наше время минерал применяется в качестве руды для промышленного изготовления сурьмы. Также находит обширное использование в металлургии, при изготовлении подшипников, аккумуляторных батарей и чернил. Изредка, но применяется в медицине.

Сложную природную смесь фосфора, меди, воды и урана представляет собой торбернит – зелёного цвета ошеломляющей красоты кристаллы (рис. 5). Подобные выделения всегда соблазняли коллекционеров. Это именно тот кристалл, который стоит оставить в покое.

Если распада урана в Чернобыле было недостаточно, то смертельный газ радон, способен вызвать рак легких, медленно исходя из этих красивых камней. Торбернит можно найти и в граните, поэтому любая гранитная столешница запросто может содержать следы торбернита. Ярко-зеленые скопления кристаллов применяются старателями в качестве индикаторов урановых месторождений.

Соблазнительные синие кристаллы халькантита (рис. 6) состоят из меди в сочетании с серой, а также с водой. Медь становится растворимой в воде и может быть впитанной в больших количествах любым растением или животным, быстро ослабляя его, а затем убивая из-за того, что важные внутренние органы перестают работать. Учёные любители никогда не должны пробовать халькантит на содержание соли, потому что в этом случае у них может произойти чрезвычайно серьезная передозировка меди.

Какое-то время халькантит использовали для того, чтоб уничтожать тину в прудах, однако, негативные последствия были сильнее пользы. А в настоящее время искусственный аналог минерала, а именно, медный купорос, используют в целях уничтожения вредителей в

садах, огородах, виноградниках. Вещество истребляет грибковые и бактериальные инфекции, которые атакуют саженцы.



Рисунок 4 – Друза призматических кристаллов стибнита



Рисунок 5 – Кристаллы торбернита – природная смесь фосфора, меди, воды и урана

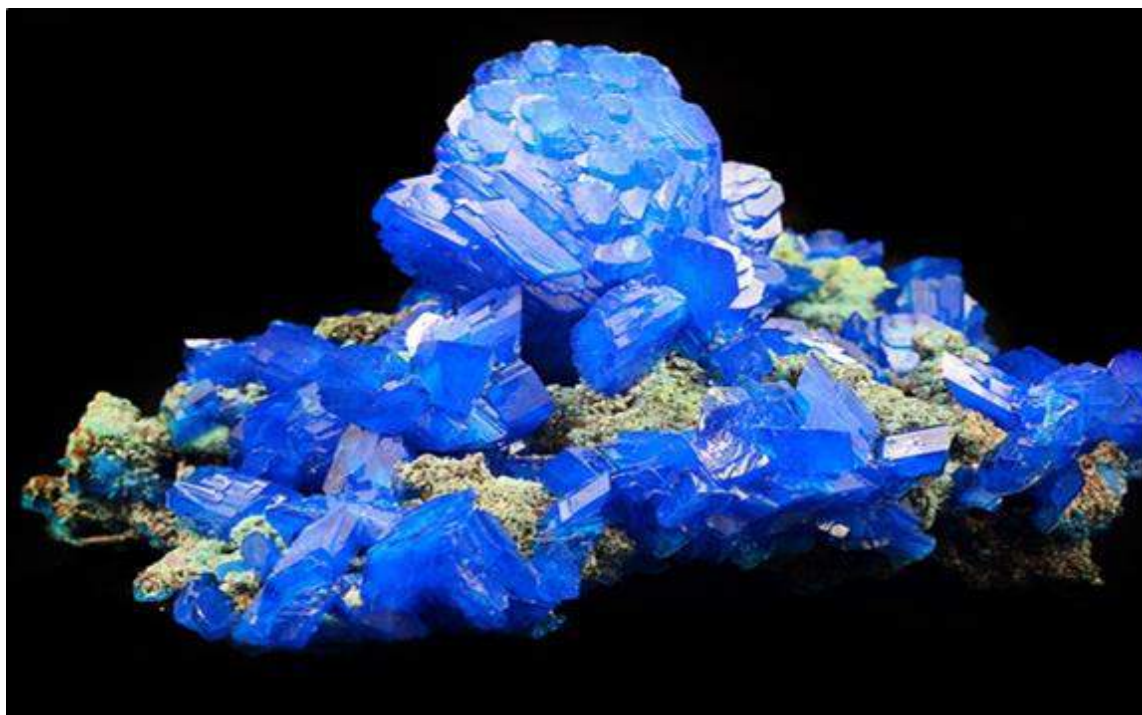


Рисунок 6 – Соблазнительные синие кристаллы халькантита

Арсенопирит – это золото «дураков» (рис. 7). Человек, перепутавший его с золотом, будет просто «дураком» – глупым решением будет подборание этого минерала с земли в ходе похода по карьере или руднику и дальнейшее использование рук, в которых побывал этот минерал для приготовления и употребления пищи. При попытке нагрева или какого-нибудь изменения минерала, он начинает источать мощный чесночный запах мышьяка, который исходит от смертельно токсичных, коррозионных и канцерогенных паров, выпускаемых этим минералом.

Интересный факт говорит о том, что арсенопирит можно определить в полевых условиях, элементарно стукнув по нему молотком. Как только полетят искры, вы сможете на короткий момент почувствовать сильный чесночный запах.

В настоящее время этот минерал является главным сырьем для получения разнообразных соединений мышьяка, используемых в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, в лакокрасочной и кожевенной промышленности для удаления волос со шкур.



Рисунок 7 – Золото «дураков» – естественные соединения серы и мышьяка – арсенопирит

Немалый вред окружающей среде и организму приносят блестящие серебряные кубы неестественно идеальной формы минерала галенита, важного источника свинца (рис. 8).

Галенит способен вызвать тяжелые последствия для работников и исследователей, которые работали с ним без соблюдения мер безопасности. Рабочие в шахтах подвергаются высочайшему риску отравления от контакта с минералами и смертельно опасной пылью, образующейся в ходе производства.



Рисунок 8 – Кубические кристаллы минерала галенита

Галенит обладает кубическим процессом перелома, и если ударить по нему молотком, кристалл разрушится на несколько более мелких копий своей первоначальной формы.

Не так давно выявленный кристаллический минерал колорадоит – природное соединение теллурида ртути, возникающее при сплаве ртути с теллуrom, ещё одним ядовитым и редким металлом (рис. 9). В следствии этого колорадоит представляет собой двойную токсичную угрозу для тех, кто осмелится взять его в руки. Сочетание данных элементов создает риск серьезных отравлений.

При нагревании или химических изменениях, данный минерал выделяет смертельно опасный пар и пыль. Что самое интересное – этот минерал добывается для получения теллура, содержащегося в нём, который применяется в тяжелой металлургии по всему миру. Теллур применяется в производстве сплавов свинца.



Рисунок 9 – Природное соединение теллурида ртути – колорадоит

В заключении хотелось бы сказать, практически все, что опасно и ядовито на нашей планете, выглядит очень привлекательно. И как мы выяснили в ходе данной работы, что некоторые минералы могут нанести очень серьезный вред нашему здоровью и окружающей среде.

Библиографический список:

1. Самые опасные камни и минералы в мире. URL:<https://yantar.ua/blog/svoystva-kamnej-tainstvennye-i-opasnye-mineraly.html>
2. Самые опасные минералы для человека. URL:<https://kamneteka.com/samyie-opasnyie-kamni-i-mineralyi/>
3. Минералы и их разновидности. Что такое минерал? URL:<https://catalogmineralov.ru/mineral/>
4. Асбест. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%81%D1%82>
5. Руками не трогать: самые опасные минералы. URL:<https://uvelirnoedelo.ru/samyie-opasnye-mineraly/>

УДК 553.98:550.8(470.13)

Особенности геологического строения и обоснование перспектив нефтегазоносности доманикового горизонта на Южно-Лыжском месторождении

Бугаева Е.В.

Научный руководитель – Заборовская В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Южно-Лыжское месторождение в административном отношении относится к Печорскому району Республики Коми. Ближайший населенный г. Печора – в 41 км к юго-востоку.

Южно-Лыжское месторождение расположено в пределах Кыртаельско-Печорогородского нефтегазоносного района (НГР) Печоро-Колвинской нефтегазосной области (НГО).

В пределах НГР открыто и в различной степени разведано большое количество нефтяных, газонефтяных, нефтегазоконденсатных и газоконденсатных месторождений. Месторождения, как правило, многопластовые, с разными типами ловушек (структурные, литологические, стратиграфические, тектонически экранированные), с карбонатными, терригенными, карбонатно-терригенными коллекторами, со сложной структурой порового пространства в природных резервуарах.

Южно-Лыжская структура сформировалась в результате инверсионных преобразований после интенсивного прогибания, которое сменилось резким подъемом, осложнена тектоническими нарушениями (сбросами) и узкими грабенами. Разрывные нарушения, ограничивающие приподнятый блок, имеют древнее заложение, входящие в Припечорскую систему глубинных разломов.

Согласно структурным построениям, Южно-Лыжская структура представляет собой брахиантиклиналь, которая тектоническими нарушениями сбросового типа разбита на узкие блоки, преимущественно субмеридионального направления [Михновская О.А. и др., 2013].

С 1952 по 1963 годы в результате электроразведочных работ (В.И. Кларк, К.С. Морозов, М.П. Шульдеев) установлено, что Печорская гряда по фундаменту представляет собой грабен, разделенный глубинными разломами на блоки, который ступенчато погружается на северо-восток.

Сейсморазведочные работы методом отраженных волн (МОВ) в центральной части Печоро-Кожвинского мегавала, проводимые с 1954 г, подтвердили существование высокоамплитудных структур, выделенных гравиметрическими исследованиями.

Южно-Лыжская структура была выявлена структурным бурением в 1952 г, первые сейсморазведочные работы на площади проведены в 1954 г, в 1968 г Южно-Лыжская

структура была подтверждена, в 1970 г поднятие подготовлено к глубокому бурению по горизонту III₂ (D₂).

В период 1982–1990 гг. строение Южно-Лыжской площади и сопредельных территорий уточнялось поисковыми работами МОГТ-2D. В результате изучено строение осадочной толщи от нижнедевонских до верхнедевонских включительно.

Многоэтапность полевых геофизических исследований, сложность геологического строения определила большой объем глубокого поисково-разведочного бурения.

Поисковое бурение осуществлялось на основании «Проекта поискового бурения на Южно-Лыжской площади». В присводовой части поднятия, обозначенного по результатам геофизических исследований в 1964–65 гг. была пробурена первая скважина. В 1987 году разведочной скважиной 22, пробуренной с основания скважины 15, открыто Южно-Лыжское многопластовое нефтяное месторождение.

В 2003 г специалисты ООО «ГЕОМЕН» провели дообработку и переинтерпретацию куба 1993 г. с целью уточнения структурных планов и выдачи рекомендаций по заложению оценочных скважин.

В 2007 г специалисты ООО «ТНГ-Групп» в пределах Южно-Лыжского лицензионного участка провели съемка 3D в объеме 54 км², поблочно.

С 2012 г. месторождение разрабатывается на основании «Дополнения к технологической схеме разработки Южно-Лыжского нефтяного месторождения»

Осадочный чехол изучен в объеме палеозойских и четвертичных отложений. Вскрытая толщина осадочного чехла составляет 4162 м (скв. 15). Наиболее древними из вскрытых являются нижнедевонские образования.

Нефтегазоносность месторождений данного района связана с отложениями широкого возрастного диапазона от нижнего девона до верхней перми. Нефть поддоманиковых залежей Южно-Лыжского месторождения, приведенная к стандартным условиям, легкая, смолистая, высокопарафинистая, малосернистая. При температуре 20 °С нефть не движется, текучесть наступает при температуре выше 30 °С. Эффективные нефтенасыщенные толщины в скважинах, которые полностью вскрыли продуктивную толщу, достигают 67,6 м, средневзвешенная по площади нефтенасыщенная толщина составляет 29,9 м.

В продуктивной части прослеживается 6–44 нефтенасыщенных прослоя.

По ГИС средневзвешенное значение пористости – 0,109 дол.ед, коэффициент нефтенасыщенности – 0,91 дол.ед.

Согласно гидрогеологическому районированию Тимано-Печорской провинции, Южно-Лыжское месторождение расположено в Печоро-Кожвинском гидрогеологическом бассейне (ГГБ) 3-го порядка, приуроченном к Печоро - Колвинскому ГГБ 2-го порядка, входящему в состав Большеземельского ГГБ 1-го порядка. В разрезе Южно-Лыжского месторождения выделены следующие гидрогеологические подразделения:

Ордовикско-нижнедевонский гидрогеологический этаж:

- Водоносный комплекс верхнеордовикско - нижнедевонских отложений;

Среднедевонско-триасовый гидрогеологический этаж:

- Водоносный комплекс среднедевонско - нижнефранских терригенных отложений;

- Водоносный комплекс доманиково-турнейских карбонатных отложений;

Юрско-кайнозойский гидрогеологический этаж:

- Водоносный комплекс четвертичных отложений.

На большей части Южно-Лыжского месторождения отложения C_{1v}-T отсутствуют (размыты).

Особенности развития и строения отдельных участков Печоро-Кожвинского палеопргиба связаны со сложным блоковым строением, которое определило также и характер распространения залежей УВ. Неравномерные тектонические движения отдельных блоков привели к формированию на палеоподнятиях конседиментационных структур. По бортам палеоподнятий формировались зоны конседиментационного выклинивания и стратиграфического срезания, а в приразломных зонах - участков тектонического экранирования.

Характерной особенностью доманиково-турнейского карбонатного НГК является исключительное разнообразие слагающих его осадков, резкая изменчивость толщин в разных структурно-фациальных зонах, различные условия осадконакопления.

Комплекс представлен карбонатными, карбонатно-глинистыми, глинистыми, песчано-алевритовыми породами, сульфатами, кремнисто-глинисто-карбонатными осадками. Строение доманиково-турнейского комплекса очень сложное, на его формирование оказали влияние множество факторов - обстановки седиментации, вторичные изменения пород, активизация тектонических движений в разное время и т.д.

Одним из наиболее важных поисковых объектов в пределах Печоро-Кожвинского авлакогена в отложениях НГК являются установленные на различных стратиграфических уровнях органогенные постройки, формирование которых обусловлено возникновением, развитием и постепенным «отмиранием» доманиковой впадины, по бортам которой на границе с мелководным шельфом существовали условия для преимущественного развития органогенных и краевых рифогенных построек барьерного типа.

В составе отложений доманикового горизонта выделяют депрессионные, рифогенные и мелководно-шельфовые отложения. Различные фациальные зоны отражают последовательную смену (с востока на запад) обстановок осадконакопления. Аналогичная зональность наблюдается и в вышележающих осадках позднефранского и фаменского возрастов, где происходит постепенное смещение окраины мелководного шельфа в сторону бассейна по мере заполнения его осадками.

Библиографический список:

1. Богданов Б.П., Богацкий В.И. Палеозойские рифы Тимано-Печорской провинции и их нефтегазоносность. - Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейского северо-востока СССР (Тезисы Всесоюзной геологической конференции). // В 2-х томах. Т.1. Сыктывкар, 1988. с. 175-176.
2. Бушуев А. С, Козуб А.П. О проявлении верхнедевонских рифов южной части Тимано-Печорской провинции в поле скоростей, // В кн. прогнозирование геологического разреза по геофизическим данным. - Л.э ВНИГРИ, 1982, с.76-81
3. Вассерман Б.Я., Матвиевская Н.Д., Соломатин А.В, Верхнедевонский карбонатный комплекс - новый перспективный объект в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. // Геология нефти и газа. 1978, № 8, с.10-14.
4. Куранов А.В., Петренко Е.Л. «Анализ геологического строения верхнефранских отложений Кыртаельско-Печорского НГР с целью прогнозирования залежей углеводородов в нетрадиционных коллекторах» // Диссертация

СЕКЦИЯ 5. ИНЖИНИРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 629.356

Важность утилизации автомобильных шин

Гомзиков Б.В.

Научный руководитель - Тимохов Р.С.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

В статье рассмотрены проблемы утилизации и дальнейшего использования автомобильных шин.

Целью работы является анализ экологично чистой а также энергосберегающей технологий утилизации изношенных авто покрышек. Актуальность работы. В процессе изготовления, а также эксплуатации резиновых продуктов появляется огромное число остатков, главную массу которых составляют вышедшие с эксплуатации авто покрышки. Размеры образования, а также скопления отработанных покрышек доходят до больших объемов. Годовой размер выпускаемых покрышек в Российской Федерации также государствах ближнего зарубежья превышает 1000000 тонн. Внутри Российской Федерации число автомобильного транспорта усиленно возрастает и составляет в наше время приблизительно 34 миллионов. Число истасканных покрышек увеличивается соответственно числу машин.

Авто шина — один из более значимых элементов колеса, отображающий собою тугую резино-металло-тканевый покров, установленную в ободок диска. Шина обеспечивает контакт транспортного средства с дорожным полотном, нужна ради поглощения небольших колебаний, порождаемых несовершенством путевого покрытия, компенсации погрешности траекторий колёс, реализации, а также восприятия сил. Переработанные шины считаются отходами IV класса угрозы. Ради извлечения необходимого сцепления создают различные модификации протекторов под разнообразные виды плоскостей. Качества резиновой консистенции непосредственно устанавливают действия шины на магистрали. С Целью предоставления защищенности на магистрали при изготовлении покрышек предусматриваются аспекты:

- истираемость – она находится в зависимости от твёрдости резины. Чем больше данная оценка, этим продолжительнее станет рабочий период протектора.
- гибкость – она определяет амортизационное умение.
- реакция протектора на находящуюся вокруг температуру.

Воздействие температурного режима на резину стало причиной для распределения её в 2 типа: летнюю а также зимнюю. Любой сезонный вид резины снабжается добавочными аспектами при изготовлении, таких как: высокоскоростные свойства, морозостойкость, надёжность, а также др.

Структура резины содержит большое число частей. Они все без исключения вызваны усовершенствовать свойство покрышек. За сцепление с влажной поверхностью соответствует значимый элемент в резине – двуокись кремния (силика). Он способствует морозоустойчивости, также гибкости. В структуре резины содержатся также масла. Они необходимы с целью придания однородности, а также пластичности консистенции. В ходе формирования шинной индустрии одно масло сменяло другое. От высокоароматичных нефтяных масел, какие применялись в экономных модификациях, со временем отказываются. В настоящее время преимущество отдаётся в сторону натуральных масел.

Обширное использование у шинников обретает рапсовое масло. Изготовители продолжают находить новейшие технологические процессы. Таким образом, к примеру, Йокохама применяет диковинное апельсиновое масло. Его химическая структура, схожее с структурой каучука, что дает возможность безупречно перемешиваться с каучуком.

Каучук главной элемент резиновой консистенции. Объект добычи – дерево гевея. В связи с тем, то что естественный регион каучукового дерева – только лишь Южная Америка также Азия, с

тридцать-х лет минувшего века начали создавать искусственный каучук. Спектр его полезных качеств увеличивается год за годом. Однако неповторимые качества природного каучука удерживают лидерские позиции, по этой причине изготовители не склонны целиком изменять собственные предпочтения. Определенные характеристики, такие как соединение в период мощного холода также гибкость, которые выражает естественный каучук, синтетическому сейчас никак не по плечу.

Большую значимость в составе резины представляют наполнители. У технологического углерода (сажи) в составе резины свои задачи – он осуществляет связывающую функцию. Темный тон покрышек – также его достоинство.

Для того чтобы сырую бесформенную резину обратить в крепкую и гибкую, в структуру резины с помощью вулканизации вводят серу, стеариновые кислоты, соединение (окись) цинка также прочие элементы. Любой компонент в резине, а их в составе 10-ки, направлен для усовершенствования свойства протектора.

Научно-технический процесс изготовления покрышек протекает в несколько стадий:

- экструзия – приготовленную растопленную резиновую под давлением пускают через особую ограниченную форму. Получают резиновые ленты.
- создают компоненты каркаса. Материал – большие синтетические и металлические нити.
- резиновые ленты для основной части и фронтальной производят по отдельности.

Сборку покрышки совершают на специализированных станках, оснащенных крутящимся барабаном, стороны коего динамичны, также перед укладкой боковин их сближают. База каждого протектора – каркас, который производится из нескольких пластов резины. Очередность операций автоматизирована:

- 1-ый слой – герметизирующий. Производится он из искусственного каучука. Его цель – сохранять в шине воздушное пространство. Воздушная прослойка напоминает камеру.

- обрезиненные текстильные нити кладут перпендикулярно направлению движения.

Подобная укладка с учётом вектора перемещения предоставила термин покрышке «радиальная». В диагональных покрышках нити корда проходят под углом.

- по двум кромкам полотна устанавливают резиновые ленты. Закрепляют бортовые металлические кольца, произведенные из жгутов проволоки. Таким образом создаётся «скелет» покрышки. Кольцо осуществляют задачу по хранению фигуры предстоящего протектора также упрощают монтировку шин в диск, уже после чего вокруг их обворачивают края скелета.

- устанавливают побочные ленты, стороны барабана со временем сходятся, а центральная полоса выгибается также становится выпуклой.

- установка ленты брекера. Она в системе покрышки нужна с целью усовершенствования управляемости в значительных скоростях также с целью охраны протектора от механических дефектов. Ради их производства применяют обрезиненные металлические нити.

- над брекерной лентой устанавливают резиновую ленту – дальнейший протектор.

- запускается пресс-форма, которая создаёт боковые плоскости с помощью вулканизации.

Финишный процесс – контролирование качества покрышки. В хранилище отбивают протекторы, только лишь не имеющие повреждений.

Шинных заводов в мире большое количество. Работают в них и люди, а также роботы. Все без исключения фирмы стараются к главенству в данной нише. Научно-технические процессы производства протекторов абсолютно всех схожи. Различает продукцию друг от друга узор протектора, а также главное – структура резины.

Любая фирма регулярно исследует, а также улучшает структуру резины. В различных модификациях применяют также различную рецептуру резиновой консистенции. К примеру, в зимних спорт стандартах определенных изготовителей покрышка может приспособиться к температуре находящейся вокруг сферы, начиная с -7°C а также завершая -40°C . При данных температурах покрышки демонстрируют большие сцепные свойства. Защищенность на дорогах – это 1-ое, что устанавливается при изготовлении шин.

Вышедшие с эксплуатации покрышки считаются источником засорения находящейся вокруг среды. Одновременно с этим, потертые авто покрышки считаются источником значимого вторичного материала: резины, технологического углерода, железного корда.

Получение также последующее применение составных частей покрышки даст возможность значительно уменьшить потребление определенных дефицитных натуральных ресурсов. Один из направлений обработки истасканных покрышек считается восстановление, нацеленная на изготовление заменителя доли нового каучука, применяемого при изготовлении резинотехнических продуктов. Но число истасканных покрышек, используемых с целью изготовления регенерата, не превосходит 20% с их всеобщего числа.

В ряде государств из истасканных авто покрышек получают резиновую крошку, которая может быть применена в качестве элемента полимерных консистенций, в резиноасфальтовых консистенциях с целью путевого строительства, с целью неполной смены битума, в целях изготовления строй и промышленных веществ, а также изделий. В Соединенных Штатах Америки, Австралии, Стране Восходящего Солнца, России целые старые покрышки применяют с целью разных потребностей общенародного хозяйства. В многочисленных государствах перспективным решением проблемы является сжигание покрышек с целью извлечения энергии а также тепла. Подобным путём возможно достичь значимого уменьшения размеров истасканных покрышек. Но выжигание никак не рентабельно ни с финансовой, ни с природоохранной точек зрения.

Альтернативный путь сжиганию считается пиролиз истасканных покрышек, проходящий с образованием газовидного, а также водянистого горючего также твёрдого углеродного остатка. Превосходством пиролиза считается его природная защищенность из-за протекания процесса с отсутствием атмосферного воздуха, в следствии чего же в пиролизных газах не присутствуют подобные ядовитые объединения такие как диоксид серы, оксиды азота также соединение углерода. Значимым доводом в выгоду пиролиза служит формирование твёрдого углеродного остатка (ТОП) в разновидности фрагментов и элементов обширного фракционного состава, играющего интерес в качестве повторного материала в отдельных отраслях хим индустрии.

Проведённые изучения структурных, физико-хим а также адсорбционных качеств твёрдого углеродного остатка пиролиза истасканных покрышек выявили, то что этот продукт обладает пористой текстурой также владеет адсорбционными качествами, сопоставимыми с качествами индустриальных активных углей. Органофильность также гидрофобность ТОП дают возможность изучить вероятность его использования в качестве адсорбента органических элементов.

В главную очередь, необходимо выделить вероятность использования ТОП при адсорбции паров ядовитых летучих растворителей, содержащихся в атмосфере рабочей области также в отходящих газах индустриальных компаний, с дальнейшей их рекуперацией. В-2-ых, гидрофобность ТОП гарантирует вероятность его использования с целью адсорбции органических включений с канализационных вод. Особенный интерес предполагает применение ТОП в качестве нефтяного сорбента с целью сбора пролитой нефти а также нефтепродуктов из водоемов;

Данная деятельность раскрывает возможности применения твердого углеродного остатка пиролиза истасканных покрышек с целью решения ряда природоохранных вопросов, сопряженных с очищением газовых потоков а также водных растворов от вредоносных органических включений также сорбции нефти, пролитой в водоёмах.

Библиографические ссылки:

1. Бартенев Г.М., Тренне и износ полимеров Г.М. Бартенев, В.В.Лавреньев. М.: Химия, 1972. 239с. Басе Ю.П., Зарецкий М.Р., Захаров СП.
2. Бочкарев Г.П., Шарипов А.У., Минхайров К.Л. и др. Сбор разлитой нефти с поверхности водоемов Бочкарев Г.П., Шарипов А.У.
3. Горовец В.Г. Утилизация шин. Проблема и ее аспекты Горовец В.Г. Автотранспортное предприятие, 2005.
4. Маляров М.С. Оборудование для борьбы с загрязнением нефтью и нефтепродуктами Маляров М.С. Зашнта от коррозии и охрана окружающей среды. 1995.
5. Малюта Е.В. Ремонт шин не ремесло, а наукоемкое производство Малюта Е.В. Автотранспортное предприятие. 2004

Оценка эксплуатационной технологичности лесозаготовительных машин на примере предприятия ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРВИС»

Черевань В.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В данной статье представлена методика оценки и прогнозирования времени восстановления работоспособности и трудоемкости технического обслуживания лесозаготовительных машин. Обоснованы уравнения корреляционной связи между временем восстановления работоспособности трансмиссии и весом машины, а также между оперативной трудоемкостью обслуживания и техническими параметрами машины.

Ключевые слова: эксплуатационная технологичность, время восстановления работоспособности, оперативная трудоемкость обслуживания, технические параметры конструкции, корреляционная связь.

При проектировании лесозаготовительной машины перед конструктором периодически возникает задача оценки эксплуатационной технологичности создаваемой конструкции в целях подтверждения обоснованности принятых решений.

Задача качественной оценки уровня эксплуатационной технологичности лесозаготовительных машин на стадии проектирования решается, в основном, методами сравнения с прототипом и экспертным [3], а при отсутствии явно выраженного прототипа – методом оценки по баллам.

Количественные методы задания и оценки ЭТ позволяют создавать и использовать методы прогнозирования показателей ЭТ, основанные на использовании математической статистики и, в первую очередь, методов корреляции, многофакторного и регрессионного анализов [2]. Границы применения того или иного метода определяются многими факторами, в том числе степенью конструктивной преемственности машин и однородностью условий их обслуживания и ремонта. Поэтому прогноз показателя может быть корректным, если значения конструктивных параметров оцениваемого элемента, подставляемые в уравнение, находятся в пределах матрицы наблюдений, на основе которой получено уравнение связи или регрессии. Конкретной целью является предсказание количественного значения показателя ЭТ проектируемого объекта. В качестве примера определим уравнение связи между временем восстановления работоспособности ЛЗМ и ее весом.

Рассмотрим характеристики ЭТ тракторов ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРВИС»: Форвардер Ponsse Buffalo, Харвардер Ponsse Buffalo Dual, Харвестер Ponsse Scorpion, Форвардер Ponsse Elephant, Харвестер Ponsse Bear.

Один из основных показателей ЭТ ЛЗМ – среднее время восстановления, или среднее время устранения среднестатистического отказа. Одной из основных систем, время устранения отказа которой в наибольшей степени зависит от агрегатированности, то есть насыщения технологическим оборудованием и гидросистемой, является трансмиссия ЛЗМ. Наличие более сложного технологического оборудования и гидросистемы определяет увеличение веса ЛЗМ по сравнению как с базовой моделью, так и с ее аналогами и прототипами.

В таблице 1 представлены данные опытных наблюдений за тракторами ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРВИС» за наработку в объеме 30000 мото/часов в условиях лесозаготовительных предприятий Республики Коми [4, 5].

Время устранения среднестатистического отказа в целом по лесопогрузчику. Для определения уравнения связи между весом ЛЗМ (x) и средним временем восстановления (y), то есть устранения среднестатистического отказа трансмиссии, согласно рекомендациям работы [1] и рисунка 1, составим расчетную вспомогательную таблицу 2, предполагая непрямолинейность искомого уравнения связи – уравнения параболы второго порядка $y = ax^2 + bx + c$.

Таблица 1 – Исходные данные для определения уравнения связи между временем восстановления и массой ЛЗМ

Показатель ЭТ ЛЗМ	Форвардер Ponsse Buffalo	Харвардер Ponsse Buffalo Dual	Харвестер Ponsse Scorpion	Форвардер Ponsse Elephant	Харвестер Ponsse Bear
Масса, т	19,8	21,5	22,7	22,8	24,5
Среднее время восстановления трансмиссии, ч	8	9,5	11	11,5	12

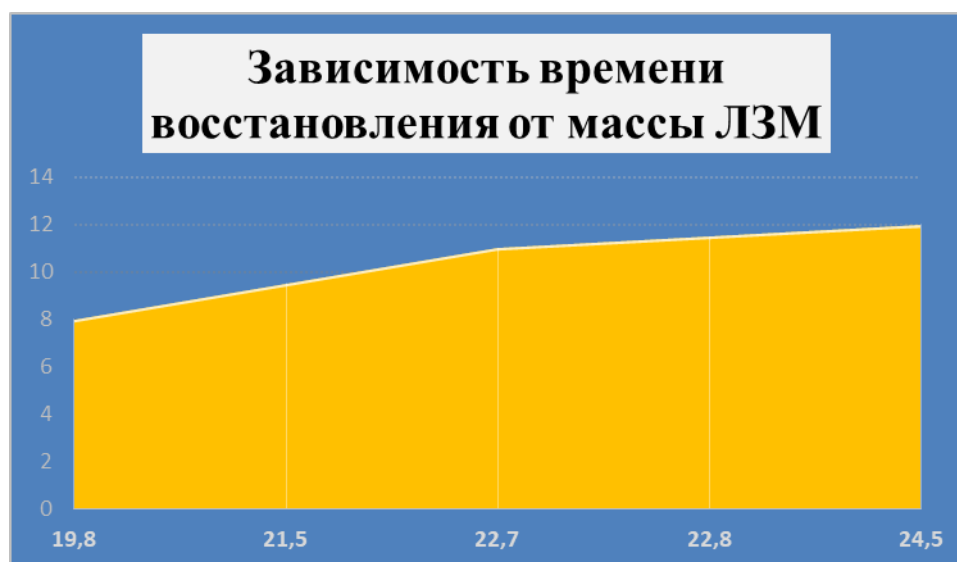


Рисунок 1 – Эмпирическая зависимость времени восстановления от массы машины

Таблица 2 – Результаты вспомогательных расчетов для определения уравнения связи в виде уравнения параболы второго порядка

Аргумент $x, т$	Функция $y, ч$	Вспомогательные данные				
		x^2	x^3	x^4	x^2y	xy
19,8	8	392,04	7762,392	153695,3616	3136,32	158,4
21,5	9,5	462,25	9938,375	213675,0625	4391,375	204,25
22,7	11	515,29	11697,083	265523,7841	5668,19	249,7
22,8	11,5	519,84	11852,352	270233,6256	5971,835	262,2
24,5	12	600,25	14706,125	360300,0625	7203	294
$\Sigma 111,3$	$\Sigma 52$	$\Sigma 2489,67$	$\Sigma 55956,327$	$\Sigma 1263427,8963$	$\Sigma 26370,72$	$\Sigma 1168,55$

По результатам вспомогательных расчетов составляется ориентировочная таблица 3. В первых трех столбцах записываются те выражения, которые в принятом уравнении параболы являются множителями при параметрах a , b , c : x^2 – при a ; x – при b ; 1 – при c . В последнем столбце ставится определяемое по этому уравнению значение y . Затем на пересечении второго столбца (x) и первой строки (x^2) записывается их произведение (x^3). Если не принимать во внимание повторения, то в таблице 3 имеется восемь разных выражений (x^4 , x^3 , x^2 , x , x^2y , xy , y и 1). В окончательном варианте ориентировочной таблицы вместо 1 записано 5. Это сделано на том основании, что во всех клетках записывают суммы числовых значений соответствующих выражений. Единицу нужно было бы повторить пять раз, то есть получилось бы число 5, что и есть в таблице. Вместо единицы в ориентировочной таблице записывается общее число наблюдений.

Таблица 3 – Определение параметров a , b , c параболы второго порядка по способу наименьших квадратов

Обозначение	x^2	x	1	y
x^2	$x^4=1263427,8963$	$x^3=55956,327$	$x^2=2489,67$	$x^2y=26370,72$
x	$x^3=55956,327$	$x^2=2489,67$	$x=111,3$	$xy=1168,55$
1	$x^2=2489,67$	$x=111,3$	$1=5,00$	$y=52$

С помощью окончательной ориентировочной таблицы составляются так называемые «нормальные» уравнения, при совместном решении которых можно определить числовые значения параметров a , b , c . Первое уравнение получаем из чисел первой строки, второе – из чисел второй, третье – из чисел третьей. При этом первые три числа каждой строчки служат коэффициентами при параметрах a , b , c , а последние являются свободными членами уравнения. Итак, получается система трех нормальных уравнений с тремя неизвестными значениями параметров a , b , c :

$$\begin{aligned} 1263427,8963a + 55956,327b + 2489,67c &= 26370,72; \\ 55956,327a + 2489,67b + 111,3c &= 1168,55; \\ 2489,67a + 111,3b + 5,00c &= 52. \end{aligned}$$

В целях определения количественных значений параметров систему уравнений решаем способом сложения и вычитания. Первоначально каждое уравнение соответственно делим на коэффициент при c и получаем новую систему уравнений с коэффициентом 1 при c . Затем для исключения параметра c вычитаем второе уравнение из первого и третье из второго. Из оставшихся двух уравнений с двумя неизвестными a и b таким же способом исключаем параметр b и находим параметр a . Подставив a в одно из уравнений с двумя неизвестными, определяем b . Подставляем a и b в одно из уравнений с тремя неизвестными и находим c . В нашем случае: $a = -0,107$; $b = 5,637$; $c = -61,801$. Правильность вычислений параметров проверяем путем подстановки их в одно из первоначальных уравнений:

$$2489,67 \cdot (-0,107) + 111,3 \cdot 5,637 + 5 \cdot (-61,801) = 10,4$$

Вычисления сделаны правильно. Подставляя полученные значения параметров в уравнение параболы $y = ax^2 + bx + c$, получаем: $y = (-0,107)x^2 + 5,637x - 61,801$. Пригодность полученного уравнения оцениваем путем сравнения экспериментальных данных с данными, вычисленными по этому уравнению, результаты сводим в табл. 4.

Таблица 4 – Сравнение опытных и вычисленных по формуле значений среднего времени устранения отказов

Масса машины $x, т$	Время восстановления $y, ч$		Разница Δ		Сумма квадратов отклонений Δ^2
	опытное	вычисленное	абсолютная, ч	в %	
19,8	8	7,86332	-0,13668	-1,7085	0,0186
21,5	9,5	9,93375	0,43375	4,5657	0,1881
22,7	11	11,02287	0,02287	0,2079	0,0005
22,8	11,5	11,09972	-0,40028	-3,4806	0,1602
24,5	12	12,07875	0,07875	0,6562	0,006

Наименьшая сумма квадратов отклонений Δ^2 принятого уравнения составляет 0,3734. Данное уравнение допустимо для практического применения, хотя не исключается, что могут быть получены и более точные результаты при использовании другой формулы, например $y = ax^b$.

Учитывая, что область применения уравнения может быть расширена до 20 % от исследуемых предельных значений параметра, то есть массы ЛЗМ, его можно применять в диапазоне изменения массы проектируемой машины от 15,84 до 29,4 тонн.

Корреляционную связь между оперативной трудоемкостью технического обслуживания и техническими параметрами машины представим в виде уравнения регрессии [6]:

$$S = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} x_3^{a_3} \dots x_m^{a_m}, \quad (1)$$

где S – оперативная трудоемкость по видам обслуживания (зависимая переменная);

a_0, \dots, a_m – коэффициенты уравнения регрессии;

x_0, \dots, x_m – конструктивные и эксплуатационно-технологические факторы (независимые переменные);

x_1 – средневзвешенная периодичность ТО;

x_2 – число видов ТО;

x_3, x_4, x_5 – число операций обслуживания: соответственно контрольно-заправочных, крепежно-регулирующих, моечно-очистных;

x_6 – число встроенных контрольных приборов;

x_7 – число емкостей, заправляемых маслами;

x_8 – число инструментов, прикладываемых к трактору (используемых при ТО и текущем ремонте).

Связь между результирующими признаками эксплуатационной технологичности (S) и факторами (x_1, x_2, \dots, x_m) можно представить в виде матрицы:

S_1 x_{11} x_{12} x_{1m}

...

S_2 x_{21} x_{22} x_{2m}

\vdots \vdots \ddots \vdots

S_n x_{n1} x_{n2} ... x_{nm}

Заключение

1. Прогнозирование количественных значений показателей эксплуатационной технологичности как показателей качества перспективных ЛЗМ может быть осуществлено с использованием обыкновенных корреляционных уравнений, основывающихся на статистических результатах испытаний на надежность аналогов и прототипов ЛЗМ.

2. Корреляционное уравнение связи между массой машины и временем восстановления работоспособного состояния трансмиссии для тракторов ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРИС» может представлять собой уравнение параболы: $y = (-0,107)x^2 + 5,637x - 61,801$.

3. Уровень эксплуатационной технологичности лесозаготовительной машины оценивается ее приспособленностью к текущему ремонту и техническому обслуживанию через корреляционную связь результирующих признаков (продолжительность и трудоемкость технических воздействий) S эксплуатационными и конструктивными факторами машины. Получено уравнение корреляционной связи оперативной трудоемкости обслуживания тракторов ООО НПП «ЛЕСПРОМСЕРИС» и ЛЗМ с их техническими параметрами.

4. Полученные результаты могут быть использованы разработчиками лесозаготовительной техники, дилерскими пунктами и предприятиями, занимающимися эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом лесозаготовительной техники.

Библиографический список:

1. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М.: Лесн. пром-сть, 1996. 247 с.
2. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.
3. Ремонтпригодность машин / Под ред. П. Н. Волкова. М.: Машиностроение, 1975. 368 с.
4. Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю. Об исследовании параметрического отказа гидросистемы манипулятора бесчokerного трактора // Лесн. журн. 2009. № 4. С. 89–94. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Шиловский В. Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования: моногр. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. 324 с.
6. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / В. М. Михлин [и др.]. М.: Машиностроение, 1982. 256 с.

Технические решения гибридизации лесных машин

Вычерова Н.Р.

Научный руководитель – Тимохова О.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В статье рассматриваются характеристики трёх различных типов гибридизации силовых агрегатов лесозаготовительных машин и преимущества снижения воздействия на окружающую среду за счет сравнения новой технологии с более традиционной, старой технологией. Также обсуждаются новые варианты гибридизации, которые могут быть реализованы в лесохозяйственных машинах. В статье гибридные решения разделены на три класса в зависимости от энергии, используемой в системе гибридизации. Повышение энергоэффективности при использовании гибридных силовых установок в лесовозных транспортных средствах приведет к значительному сокращению выбросов парниковых газов и, возможно, снижению эксплуатационных расходов.



Рисунок 1 – Классификация гибридных приводов

Электрогибриды. Электрогибридный привод включает в себя генератор, инвертор, накопитель электроэнергии и электродвигатель (рисунок 2). Генератор вырабатывает электрическую энергию, которая поступает в инвертор, представляющий собой разновидность статического преобразователя [1,2]. Статический преобразователь представляет собой силовое электронное устройство без движущихся частей, преобразующее параметры электрической энергии одного типа (мгновенное значение и временной ход напряжения и тока, частоту, и количество фаз) в другие параметры требуемой электрической энергии другого типа [2].

Инвертор преобразует входное постоянное напряжение в выходное переменное напряжение [3]. Использование преобразователя постоянного тока изменяет параметры постоянного напряжения и тока.

Аккумуляторы, конденсаторы или суперконденсаторы можно считать устройствами хранения электроэнергии. Аккумуляторы сначала должны быть заряжены электрической энергией, которая превращается в химическую энергию во время зарядки. При разряде происходит обратное, т. е. химическая энергия преобразуется в электрическую энергию. Конденсатор состоит из двух токопроводящих (металлических) электродов, между которыми находится диэлектрик. При зарядке конденсатор прерывает цепь постоянного тока благодаря непроводящему диэлектрику.

Суперконденсатор – это конденсатор с большими физическими размерами и более высокой ёмкостью. Суперконденсатор имеет более высокую плотность энергии, чем батарея, и более короткое время зарядки (и разрядки), порядка секунд, по сравнению с батареей, где время зарядки длится несколько часов. Накопленная таким образом энергия поступает через статический преобразователь в электродвигатель, который преобразует электрическую энергию в механическую. Электродвигатель может даже стать одновременно генератором, т. е.

рекуператором. Рекуперационный двигатель отдает активную мощность в сети и берет из сети реактивную мощность для намагничивания [2]. В зависимости от расположения электрогибридного узла в системе привода, можно выделить последовательную конфигурацию, параллельную конфигурацию, конфигурацию с разделением мощности или последовательную конфигурацию с топливными элементами. (рисунок 3).

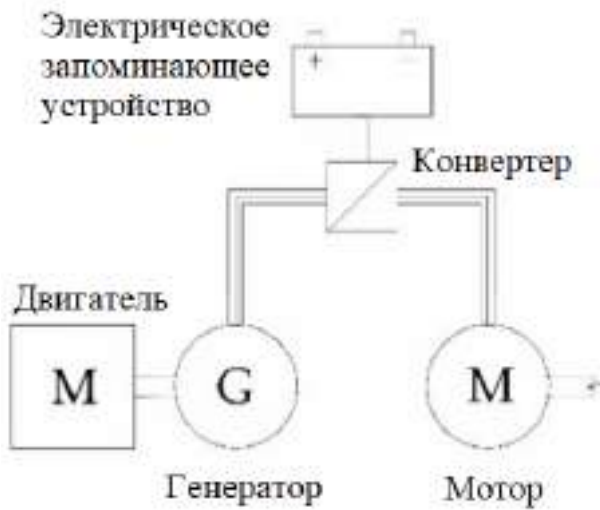


Рисунок 2 – Электрогибридная конфигурация

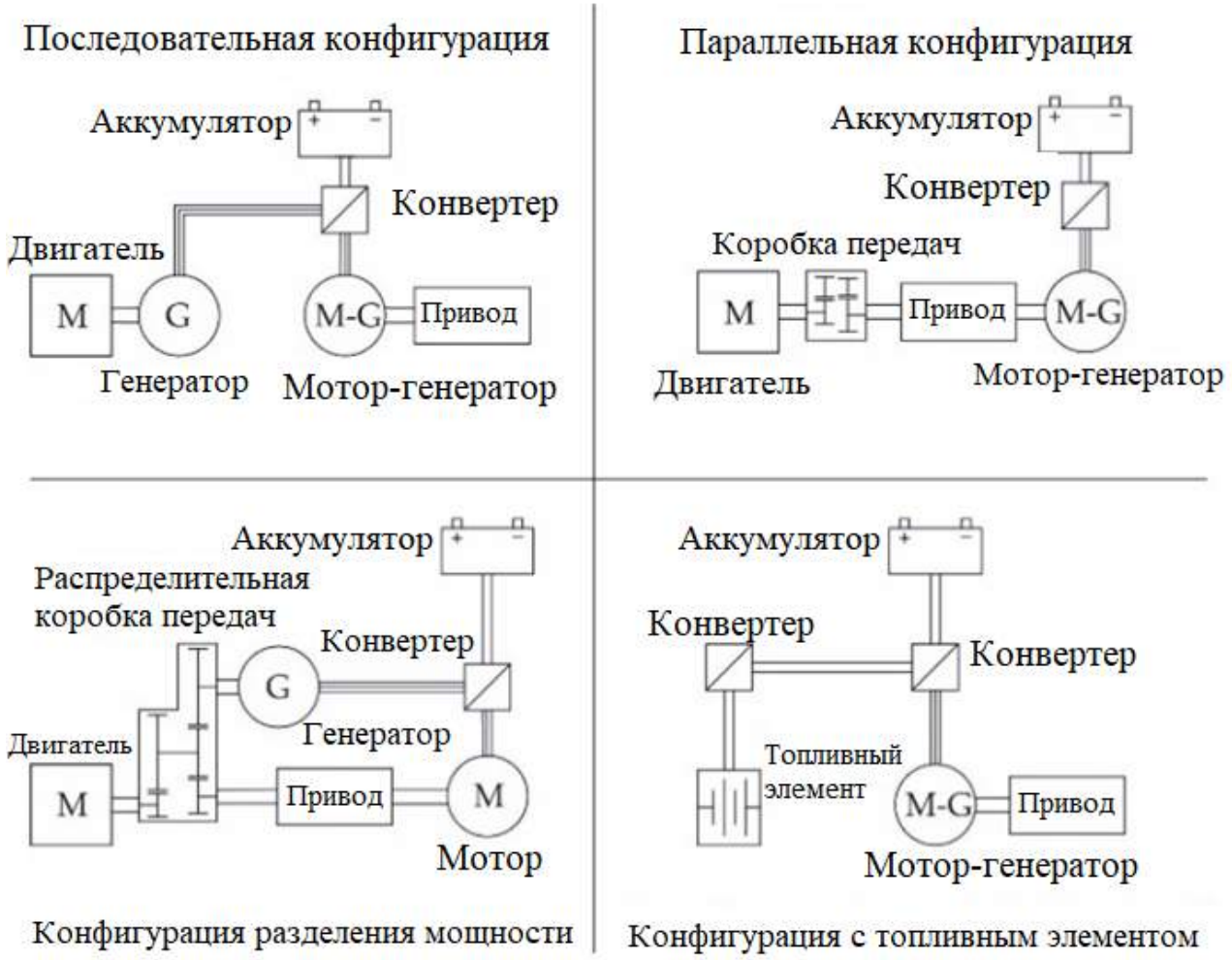


Рисунок 3 – Типы устройств электрогибридного привода

Гидравлические гибриды. В методе гибридизации используется система гидростатического давления. Гидравлический аккумулятор используется во всех имеющихся конструкциях. Напорный бак, в котором несжимаемая гидравлическая жидкость поддерживается под давлением от внешнего источника. Энергия давления жидкости преобразуется в аккумуляторе в энергию деформации сжатого газа, которая снова преобразуется в энергию давления в соответствующий момент. Гидроаккумулятор позволяет гидравлической системе справляться с экстремальными требованиями к давлению с помощью менее мощного гидравлического насоса, а также быстрее реагировать на временную потребность. Использование гидроаккумулятора также сглаживает импульсы потока, вызываемые гидравлическим насосом. Гидропневматические аккумуляторы более выгодны, чем электрические накопители, благодаря своей простоте и экономичности.

В некоторых способах решения также используется гидромотор с возможностью управления потоком гидравлической жидкости, который также может работать как гидравлический насос (далее мотор-генератор) [4]. В случае низконапорного потребления энергии в рабочем цикле мотор-генератор отдает избыточную энергию в гидроаккумулятор, а в случае высокого энергопотребления, может использоваться для двигательного режима в зависимости от расположения гидроаккумулятор в контуре [1].

Гидравлические гибриды можно разделить на последовательные (рисунок 4) и параллельные (рисунок 5), согласно их расположению. Последовательно-параллельную конфигурацию можно назвать силовым расщеплением, так как в принципе в электрогибридах используется смешанная схема. В случае последовательного соединения вся механическая энергия преобразуется в гидравлическую энергию, а затем снова преобразуется в механическую энергию. С другой стороны, параллельное соединение преобразует механическую энергию в гидравлическую только в случае низкой нагрузки двигателя внутреннего сгорания и преобразует ее в механическую энергию при высокой нагрузке двигателя внутреннего сгорания для снятия нагрузки [5]. Последовательно-параллельная конфигурация, т. е. конфигурация с разделением мощности, использует обе системы, показана на рисунке. 6.

В самых простых системах в настоящее время такие типы гидромоторов не используются. В них используется только сам аккумулятор, который подключается к существующей гидравлической с открытым контуром. Аккумулятор подключается двухходовым пропорциональным клапаном (с системой под давлением), который связан с уже упомянутым контуром, где также можно найти гидравлический сервоклапан, который расположен на линии выше по потоку от гидромотора [4]. Однако соединение от резервуара с трубопроводом, заканчивающимся под поверхностью, также ведёт к сервоклапану.

Гидравлическое масло подаётся под давлением с помощью одностороннего насоса с возможностью регулирования расхода. В случае избыточного давления в системе происходит перезарядка аккумулятора, который затем подаёт в систему необходимое давление в случае его отсутствия [1]. Систему можно модифицировать, переместив аккумулятор на сторону всасывания гидронасоса, заменив его другим, подходящую для замкнутого гидравлического контура. Это решение позволяет рекуперировать энергию из цилиндра гидравлической стрелы крана во время его опускания.

Электрогидравлические гибриды. В настоящее время гибридные приводы можно разделить, в зависимости от используемой энергии, на электрогибриды и гидравлические гибриды, но мы также можем встретить их комбинацию, т.е. электрогидравлические гибриды. Система регенерации аккумулятор-гидромотор-генератор (AMGERS) является типичным примером. Система работает по тому же принципу, что и электрогибридная система рекуперация энергии мотор-генератора (MGERS). Решение AMGERS отличается в основном используемым гидравлическим аккумулятором. Он расположен между гидравлическим пропорциональным распределительным клапаном и баком. Гидравлический двигатель расположен на ответвлении (Т), ведущем к баку и приводящем в действие электрический генератор, а распределительные щиты и односторонний логический клапан расположен выше и ниже по течению от него (рисунок 7). Электрогибридная часть такая же, как и в системе

MGERS. Однако в будущем это может стать решением для лесозаготовительной техники.

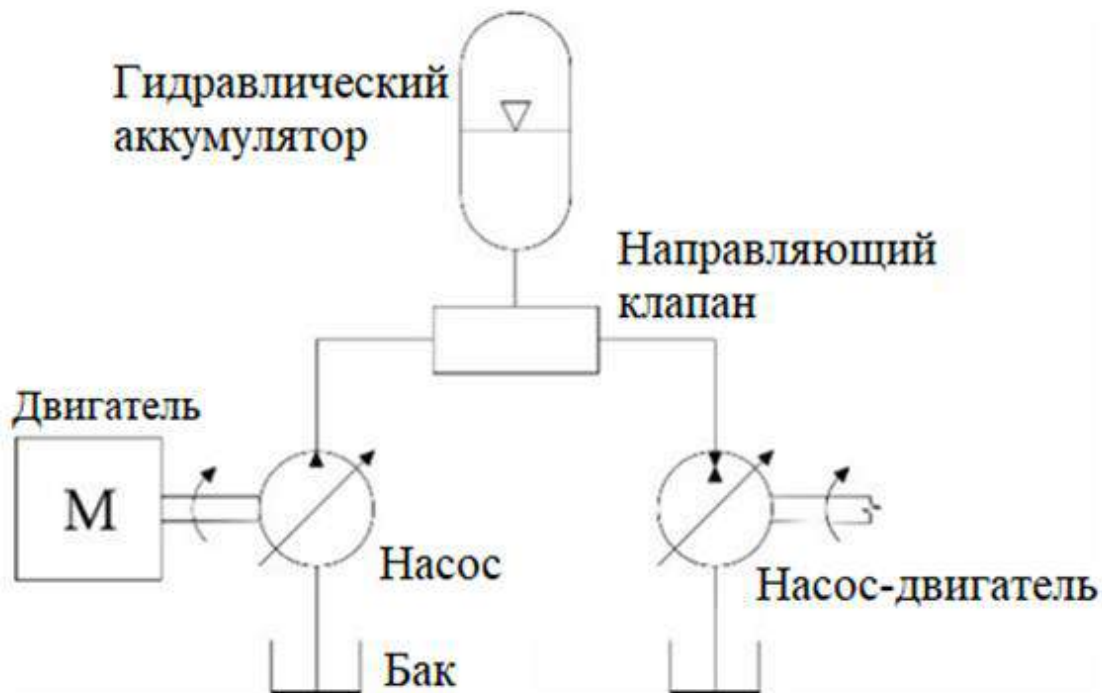


Рисунок 4 – Конфигурация серии

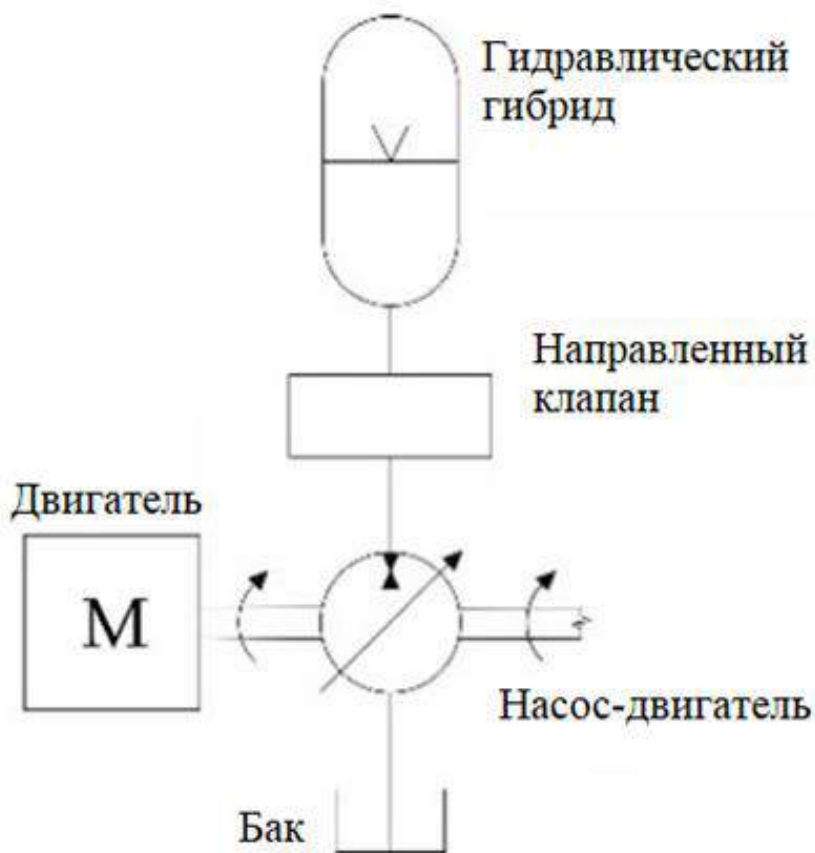


Рисунок 5 – Параллельная конфигурация

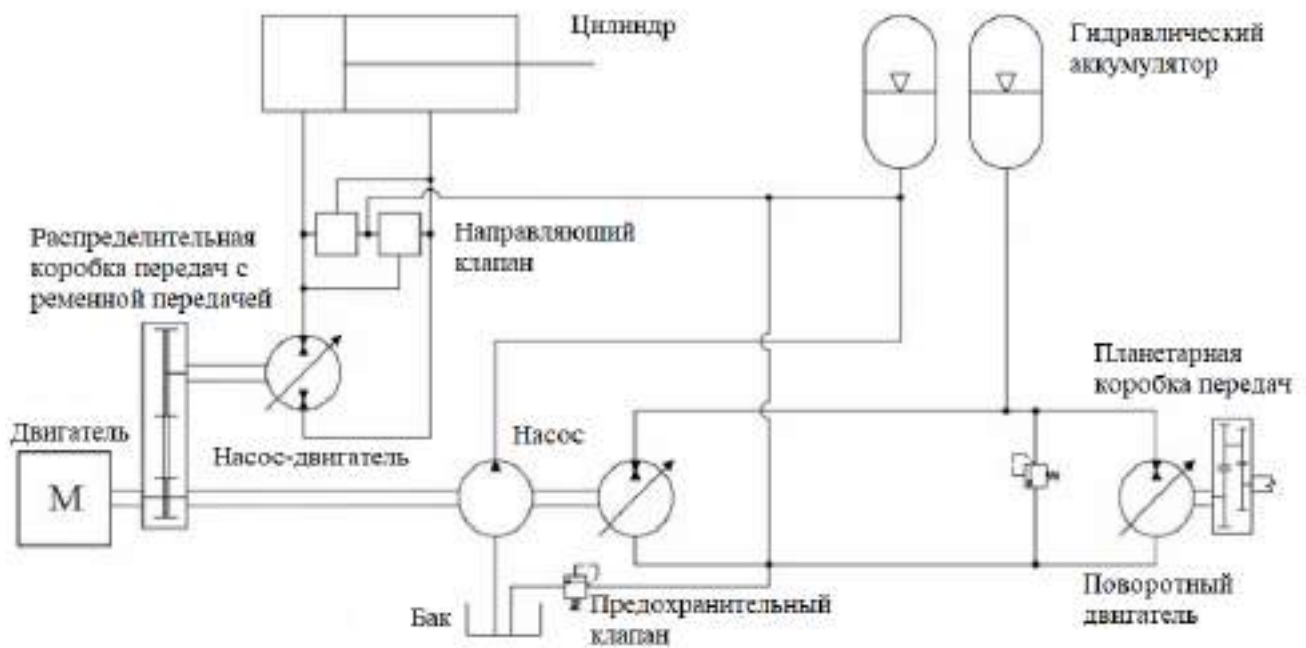


Рисунок 6 – Конфигурация с раздельным питанием (последовательно-параллельная)

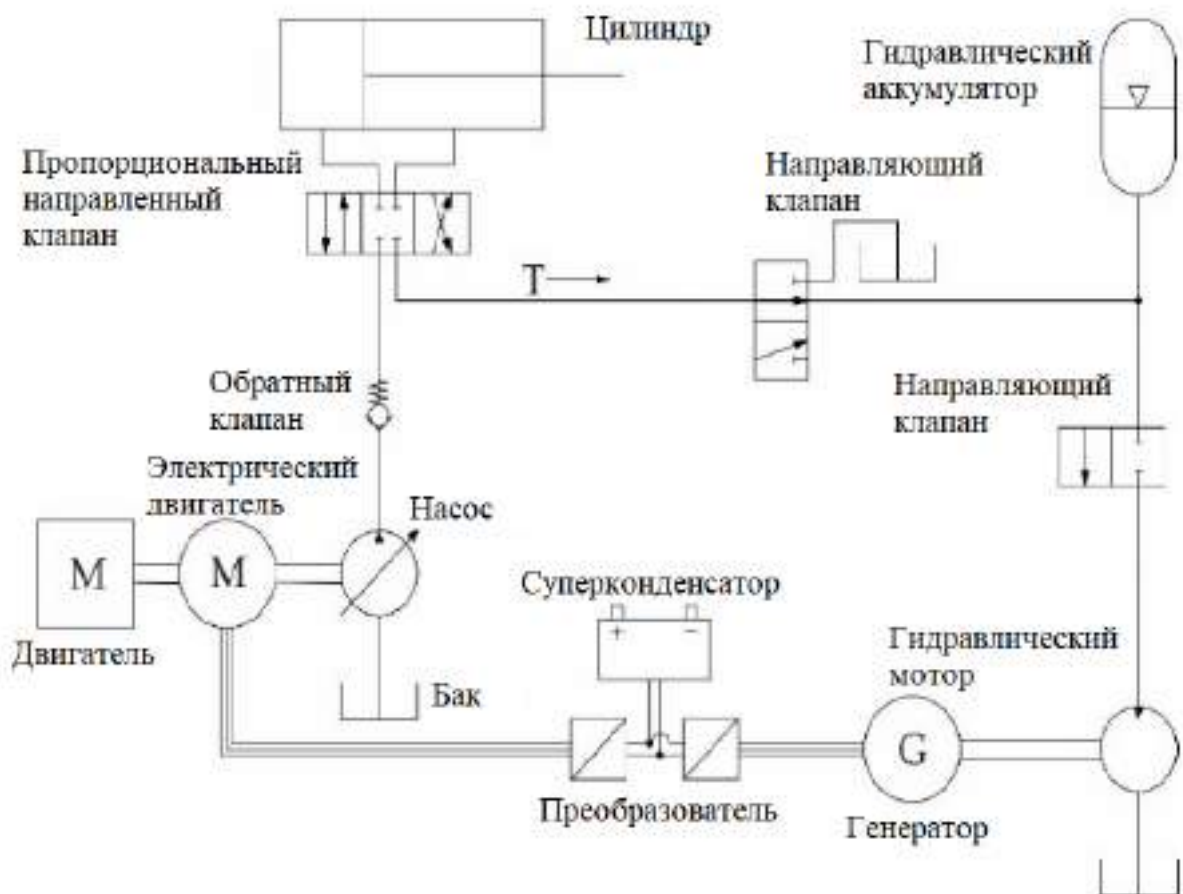


Рисунок 7 – AMGERS

Выводы. Лесозаготовительные машины предлагают большие возможности для использования гибридов. Общие факторами развития гибридных приводов в лесной технике являются: низкий уровень выбросов и шума, высокая производительность, топливная экономичность, регулирование (нормы выбросов для внедорожных дизельных двигателей: ЕРА

и US EPA с постоянным ограничением) и общественный имидж. Современное техническое и технологическое развитие гибридных систем привода, а также их компонентов, привело к значительному улучшению характеристик привода и, следовательно, к улучшению эксплуатационных характеристик нового поколения лесозаготовительных машин. Повышение энергоэффективности за счёт использования гибридных силовых установок в лесозаготовительных машинах приведёт к значительному сокращению выбросов парниковых газов и, возможно, снижению эксплуатационных расходов.

Сегодня мы рассматриваем гибридные приводные решения как альтернативу чисто электрическим транспортным средствам до того момента, когда благодаря дальнейшему развитию топливные элементы или пассивные источники энергии станут достаточными для удовлетворения потребностей лесных машин в энергии.

Будущая разработка чисто электрических лесозаготовительных машин, а также гибридных решений является очень важной задачей для научно-исследовательской деятельности в области лесной инженерии, поскольку инженерам лесного хозяйства необходимо определить энергетические потребности различных типов лесозаготовительных машин, выполняющих работы в различных условиях местности. Результаты таких исследований станут платформой для будущего развития электрических лесозаготовительных машин.

Необходимо осознавать, что такие решения на начальном этапе приведут к увеличению закупочных цен на машины, потому что они могут представлять собой элемент риска для компаний, которые производят лесные машины. Кроме того, производственные серии и объемы продаж различных видов лесных машин значительно ниже, чем других специализированных машин (сельскохозяйственных, строительных, погрузочно-разгрузочные машины), что представляет риск для производителей с точки зрения окупаемости инвестиций в разработку гибридных приводов.

Библиографический список:

1. Эйнола, К. Предварительное исследование системы управления питанием лесозаготовительного комбайна с гидравлической гибридной системой. В материалах 13-й Скандинавской международной конференции по гидроэнергетике, Линчепинг, Швеция, 3-5 июня 2013 г.; С. 71–83.
2. Кляп, О. Руководство по методам, отбору и использованию отобранных видов. В "Электродвигателях и приводах", 1-е изд.; Научно-техническая литература: Прага, Чешская Республика, 2004; 191 с.
3. Ишида, К.; Хигураши М. Гибридные колесные погрузчики, включающие силовую электронику. *Hitachi Rev.* 2015, 64, С. 398–402.
4. Пион, Дж. Справочник по гидравлическим приводам, 1-е изд.; sntl: Прага, Чешская Республика, 1969; 478 с.
5. Гиппалгаонкар Р.; Ивантысынова М. последовательно-параллельный гидравлический гибридный мини-экскаватор с приводом, управляемым перемещением. В материалах 13-й Скандинавской международной конференции по гидроэнергетике, Линчепинг, Швеция, 3-5 июня 2013 г.; С. 31–42.

СЕКЦИЯ 6. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.841

Марк Цукерберг и алгоритмы социальных сетей

Литвинова М.И.

Научный руководитель - Кудряшова О.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В приведенной статье будет описана история развития социальной сети фейсбук, мы коснемся алгоритмов нововведений, созданных Марком Цукербергом и его командой. Еще до создания всеми известной сети Марк интересовался созданием сетевых ресурсов. Так, в 2003 году, учась на втором курсе Гарвардского университета, он создал код для веб-сайта, с помощью которого можно было выбрать более привлекательного человека на парной фотографии – Facemash. Ради этого были взломаны разделы электронной сети университета. Успех получившегося сайта был удивителен: за первые часы работы набралось 450 посетителей, а просмотров на фотографиях было около 22.000. Естественно, инцидент не остался без внимания, и Марка обвинили в нарушении безопасности, грозив исключением, но обвинения были сняты. Компьютерные технологии, как и электронные ресурсы, в то время были только на начальном пути своего развития. Поэтому данный поступок, а точнее, саму идею Марка, стоит рассматривать, как нечто гениальное, опережающее время. Кажется, будто он смотрел сквозь временную линейку в будущее, или просто, был из другого мира, расы, превосходящей человеческую в технологическом развитии.

4 февраля 2004 года будущий миллиардер дал старт своему новому сайту: Thefacebook. Тут тоже не обошлось без обвинений. Спустя пару дней на него пожаловались в газету университета три старшекурсника за то, что Марк использовал их идеи. Даже последующий иск в суд не стал барьером на пути к цели (созданию «веб-монстра») – вскоре аудитория сайта возросла до большинства университетов в Соединенных Штатах Америки, Канаде. На волне невероятно быстрого успеха, в середине этого же года, команда Цукерберга регистрируется как компания, заимев инвесторов практически сразу. Через год, с покупкой домена facebook.com, избавившись от артикля the, появилась социальная сеть, являющаяся в будущем такой же известной, как песни Аллы Борисовны Пугачевой.

Далее проект развивался стремительно, добавляя все новые и новые возможности, не доступные на других площадках. Начиная с 13 июня 2009 года на сайте появилась функция, позволяющая зарегистрированному человеку менять электронный адрес на своей странице. Примерно через год, 5 июля 2010 года, люди смогли уведомлять о том, что происходит у них в голове, жизни, и в целом делиться эмоциями. Казалось бы, бесполезная и ненужная функция, засоряющая внешний интерфейс. Возможно, с ее помощью, Марк Цукерберг, по взаимовыгодной договоренности с правительством, упростил им задачу слежки и анализа населения. Тем самым, были созданы предпосылки для массовой слежки и создания такого феномена как цифровой портрет пользователя, который открывает для специальных служб пути для раскрытия анонимности. А осенью того же года под корень переделан интерфейс групп: теперь стали доступными групповые чаты, публикации сообщений по электронной почте и права на редактирование документов нескольким пользователям. Мы видим алгоритмы, позволяющие глобализировать управление интернет-ресурсами. Власть над информацией, принадлежащей ранее только одному человеку, перестает быть единоличной. Вскоре, 6 июля 2011 года, был запущен видеочат на платформе Skype. Участились случаи взлома хакерами фронтальных камер гаджетов, воровство данных достигает апогея в новых формах, что никак не могло быть выгодным для человеческой расы. Так, группа хакеров «Anonp0t0us» угрожала уничтожить Facebook, но почти сразу же открестились от своих слов, резко, категорично, легко, будто и весь инцидент был спланирован. Но зачем? Возможно для того, чтобы создать иллюзию безопасности данных. Уже через неделю, после, казалось бы,

скандального случая, команды Skype и Facebook ввели в социальную сеть аудио- и видеозвонки. Общественность была спокойна и не выражала сильных волнений по поводу своей кибербезопасности. Еще через полгода появились подтвержденные профили популярных пользователей. Интернет-мошенничество, обман мнений свелись к минимуму.

Доверие к сети возросло, как и надежда на внутреннюю неприкосновенность. Но возможность подтвердить свою личность было только у «знаменитостей», будто, только их мнение и неприкосновенность к образу были важны. Тем не менее, у обычных пользователей стало распространено такое явление, как создание фейк-аккаунтов. Это страницы, принадлежащие одному реальному человеку, но содержащие в себе разный характер. Такие страницы стали терроризировать честных пользователей путем оскорбительных комментариев, травлей за внешность, мнение, придиркой ко всему, что может делать человек не только в социальной сети. Но даже и вне. Кнопка «лайк», придуманная, на первый взгляд, для удобства пользователя, оказалась не так проста. С ее помощью разработчики могли отслеживать интересы людей и алгоритмом подбирать удобные и интересные для них посты и статьи. Фильтрация контента новостной ленты. То, что пользователь не осознавал, что он делает на самом деле, удобно разработчикам, ведь ничего неподозревающий пользователь не будет столь аккуратен. Так алгоритм рос и развивался, «лайк» так же позволял наполнять ленту контентом, размещенным для рекламы. В виде психологических приемов такие посты заставляли человека реагировать на одного.

Позже был анонсирован новый алгоритм Edge Rank. Определяющий важность постов, всего по трем параметрам: совместимость (анализ взаимодействия пользователей, являющихся «друзьями», в социальной сети); значимость пользователя и, соответственно, его действий (так выстроилась цепочка действий по их важности, где на первом месте был репост, потом шел комментарий, а только потом тот самый лайк); дата публикации поста (чем чаще не медийный пользователь делал посты, тем более они были значимыми). Тремя факторами выстраивался своеобразный рейтинг, и, чем более высокое у него было значение, тем увеличенный шанс на то, что он увидит подходящий ему пост раньше других. Совершенствование алгоритмов дошло до того, что стало учитываться даже посекундное время просмотра поста.

Управление вниманием человека в социальных сетях полностью перешло в руки алгоритмов, ведь пользователь больше не мог контролировать то, что попадает в его ленту. Развитие социальных сетей дошло до того, что о личности, скрывающейся за профилем, стало известно все до мельчайшей подробности. Будь то страхи или же интересы. Появилась реклама, являющаяся почти что живым организмом. Она подстраивалась под желания и перестала вызывать явный дискомфорт, внедрившись настолько, что сейчас мы не можем представить себе интернет-пространство без нее. Естественно, все это идет на пользу как разработчикам, так и рекламодателям. Теперь уже две явные стороны управляют нашей лентой.

Но сбор информации уместен, удобен, естественно совсем не для того, чтобы продавать продукты. В 2018 году Facebook уличили в сливе данных пользователей, ослепленных мнимой безопасностью, количество которых превышало 87 миллионов. Данные продавались сторонним организациям и даже политикам, которые в свою очередь использовали людские интересы для продвижения своего мнения. Были проданы не просто подборки интересов или контакты, а даже передвижения, которые компания собирала с помощью вай-фай подключений. После утечки информации штаб разработчиков Facebook пообещал ограничить доступ к данным пользователей для сторонних приложений. В запрет на использование были включены так же данные о религиозных и политических убеждениях, об отношениях людей между друг другом. Негодования оставались не в малой степени, поэтому было принято решение представить функцию, которая позволяла самому хозяину профиля отключать передачу данных третьим лицам. Но это совсем не означало, что информация перестанет собираться. О данной функции не подозревало 74 процента пользователей.

Эксперименты над людьми рекламой не ограничились, и в 2014 году Facebook в течение недели работал с группой количеством 700 тысяч человек. Разделив их на две подгруппы, получилось так, что половине предоставлялся только контент положительного характера, а другой – негативного. Ни один человек, входивший в состав этого «эксперимента», ни о чем не

подозревал. По данным эксперимента люди из подгруппы с негативным контентом в ленте замечали ухудшение своего психологического фона, в то время как вторая подгруппа описывала положительное воздействие и улучшение настроения. Как известно из мировой истории практики фармакологии и психоанализа настрой мышления человеческого индивидуума моделируется от зависимости восприятия мира, а соответственно – действия и реакции человека на окружающую среду поддаются программированию, словно, когда-то алгоритмы. Подобное проявление желания манипулировать или подчинить себе умы серой человеческой массы недавно наблюдались уже у американского правительства. Это было, например, в проекте «МК Ультра». Смысл данной секретной программы заключался в изучении средств контроля над человеческим сознанием путем программирования путей мышления. С помощью команды специалистов в лицах людей, сведущих в психологии, над подопытными проводились исследования. Одним из ярчайших примеров является известная актриса Мэрилин Монро. Используя ее непростое детство, подсадив на наркотические вещества, подвергнув гипнозу, из девушки сделали управляемую икону.

Аналогом «МК Ультра», действующем в прошлом веке, сейчас является НЛП – нейролингвистическое программирование. Появившись в 70-х годах, как эксперимент двух ученых, сегодня это стало наукой, раскрывающей тайны человеческого мышления, взяв самого человека за аналог большого компьютера. Создатели НЛП утверждают, что с его помощью будет возможно запрограммировать сознание путем копирования поведения успешных людей, будто воспроизводя их алгоритм. Изучив модели и инструменты изменения, а также техники, составим схемы программирования (Таблица 1, Таблица 2).

Таблица 1 – Модели и техники НЛП

Модели	Техники
Баланс	Интеграция конфликтующих частей, выравнивание критериев
Выбор	Шестишаговый рефрейминг, взмах
Паттерн	Коллапс якорей, лечение фобий
Метафора	Избавление от взаимосвязимости, размер переживаний
Состояние	EMDR, алфавит NASA
Ресурс	Изменение личной истории SCORE на линии времени, смена субмодальностей

Для успешного перепрограммирования сознания были выделены основные модели изменений, которые раскрывают проблемные ситуации и с помощью техник (инструкций) описывают решение. Баланс – применяется при потере внутреннего баланса человека, решается восстановлением связи между конфликтующими аспектами. Выбор – поиск более эффективного поведения, количества выборов в ситуации. Паттерн – искоренение ненужного паттерна, то есть – фобии, убеждения, поведения. Метафора – способ решить проблему через метафору, отражающую ситуацию. Состояние – переоценка ситуаций без чьей-либо помощи. Ресурс – добавление или перенос ресурсов (средств, задействуемых для достижения результата); могут быть внутренними – знания, ценности; и внешними – деньги, связи.

Инструменты – то, чем воздействуют на сознание человека. Выделены основные инструменты и вспомогательные техники. Мета-состояние – дает возможность на изменение отношения к ситуации, управление паттернами. Разделение – представление субъективного мира личности, как целей, действий, состояний. Рефрейминг – свежий взгляд на ситуацию. Контроль – осознание и контроль поведения и внутренних процессов. Инструкция – дать инструкцию бессознательному. Экстериоризация – озвучивание элементов действий, которые обычно выполнялись в уме, либо материализация этих элементов в действиях с реальными предметами. Интериоризация – замена выполняемых элементов действий на мысленные. Якорь – выработка условных рефлексов для управления состоянием. Субмодальность – изменение оценки через ее внутреннюю кодировку.

Таблица 2 – Инструменты и техники НЛП

Инструменты	Техники
1	2
Мета-состояние	Мета «да»
Разделение	Шестишаговый рефрейминг, интеграция логических уровней
Рефрейминг	Декартовы координаты, разговорный рефрейминг
Контроль	Адреналиновый барометр
Инструкция	Метафоры, пресуппозиции
Экстериоризация	Проективные метафоры
Интериоризация	Генератор нового поведения
Якорь	Коллапс якорей
Субмодальность	Субъективная линия времени, смена субмодальностей

С помощью описанных моделей и инструментов НЛП люди залезают в собственные алгоритмы сознания. Так же этим пользуются и мошенники, входящие в доверие, а в последствии – похищающие деньги (например, аферисты, представляющиеся работниками банков по телефонным звонкам).

Основываясь на техниках НЛП работает социальное зомбирование или управление мнениями. С помощью медийных персон правительство может трактовать выгодную точку зрения населению. К примеру: известная личность выкладывает в своем интернет-профиле надиктованное мнение о какой-либо ситуации, под давлением ее авторитета бездумное большинство начинает поддерживать это мнение, особенно, если сходится с другими звездами, а под властью толпы все ей противоречащее будет подавлено, даже, если мысль изначально неразумна. Подобные провокации в настоящее время вызвали блокировку социальной сети Facebook Роскомнадзором на территории Российской Федерации.

В качестве вывода будет мысль о том, что любая переданная личная информация в интернете может быть использована в корыстных целях. Люди должны научиться разделять сайты фишеры (мошеннические) и те, которым можно доверять, хоть, как и в реальной жизни, сделать это совсем не просто.

Библиографический список:

1. Материалы [Электронный ресурс]. – URL: <https://trenings.ru> (дата обращения 08.01.2022).
2. Facebook [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Facebook> (дата обращения 12.01.2022).
3. Кислотные застенки ЦРУ [Электронный ресурс]. – URL: https://lenta.ru/articles/2019/10/06/mk_ultra/ (дата обращения 03.02.2022).

УДК 004.356

3D-принтеры. Сферы применения

Рочева В.В.

Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

3D-принтер - это специальный прибор для вывода трёхмерных данных. В отличие от простого принтера, который выводит двумерную информацию на лист бумаги, 3D-принтер даёт возможность выводить трехмерную информацию, т.е. делать конкретные физические объекты.

Превосходством аналогичных приборов перед обычными методами создания моделей считаются высочайшая скорость, простота и невысокая цена. К примеру, для того чтобы

сделать модель вручную, возможно, потребуется несколько недель, а может даже месяцев, в зависимости от трудности изделия. В итоге увеличиваются затраты на разработку, возрастают сроки выпуска готовой продукции. 3D-принтеры дают возможность всецело освободиться от ручного труда и сделать модель будущего изделия всего за несколько часов при этом исключая вероятность недочётов, свойственные «человеческому фактору» [1].

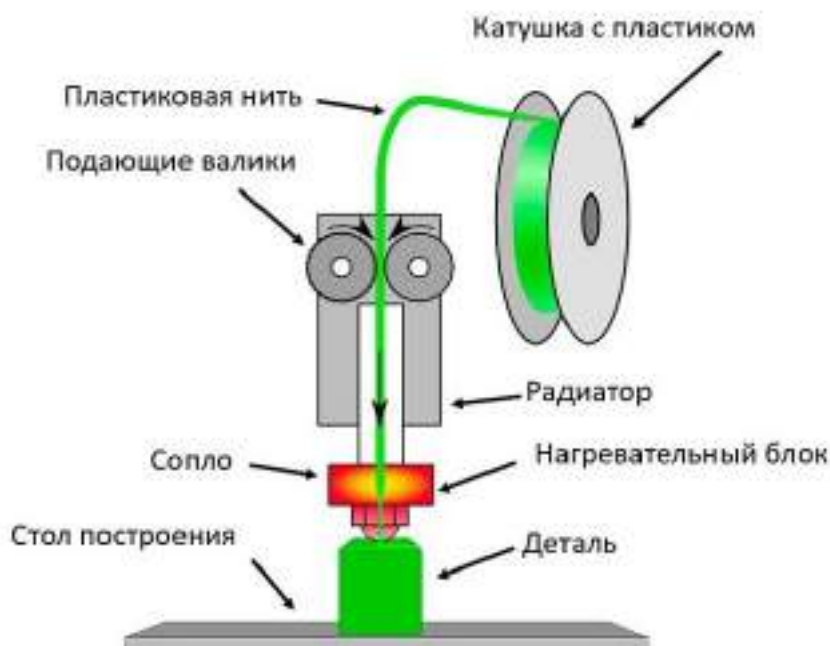


Рисунок 1 - Устройство 3D принтера

История создания

Первоначальные использования технологии 3D-печати относятся к 1980-м годам. В то время трехмерные принтеры были массивными, а также очень дорогостоящими, но сфера их использования – сильно ограниченной, да и самого термина - 3D-печать – еще не существовало.

Прародителем современных конструкций по формированию 3D-объектов принято считать американца Чарльза Халла, который в 1986 году запатентовал первую в мире установку стереолитографии (SLA). Безусловно, данная конструкция была очень непохожа на наш нынешний 3D-принтер, но главные идеи послойного формирования объемных фигур были заложены именно в ней. В том же году Халл основал компанию 3D Systems и разработал первый коммерческий 3D-прибор. В 1988 году была разработана модель SLA-250, она стала первой машиной для широкого круга пользователей.

Следующим этапом развития 3D-прототипирования стало появление технологии фотополимерной струйной печати PolyJet. Суть ее заключается в том, что головка принтера наносит послойно слой фотополимера, который тут же затвердевает под действием ультрафиолета.

Эта технология и оборудование значительно дешевле, к тому же позволяют производить 3D-печать не только моделей, но и готовых изделий с очень высокой точностью. Принтеры, выпускаемые под маркой PolyJet, в настоящее время являются наиболее доступными по цене, и их уже вполне можно отнести к обычному офисному оборудованию.

Технологии 3D-печати в настоящее время развиваются очень стремительно, и появляются модели, которые уже вполне доступны по цене для использования в малом офисе и даже дома. К ним относятся 3D-принтеры, осуществляющие печать путем послойного наплавления полимера. Конечно, большие модели на таких устройствах получить будет

сложно, но для разработки моделей сувенирной продукции или ювелирных изделий, а также для решения различных дизайнерских задач их можно успешно использовать [2].

Как устроен 3D-принтер

В основном принтеры трехмерной печати состоят из одинаковых деталей и по устройству похожи на обычные принтеры. Главное отличие — очевидное: 3D-принтер печатает в трех плоскостях, и кроме ширины и высоты появляется глубина.

Вот из каких деталей состоит 3D-принтер, не считая корпуса:

- экструдер, или печатающая головка — разогревает поверхность, с помощью системы захвата отмеряет точное количество материала и выдавливает полужидкий пластик, который подается в виде нитей;
- рабочий стол (его еще называют рабочей платформой или поверхностью для печати) — на нем принтер формирует детали и выращивает изделия;
- линейный и шаговый двигатели — приводят в движение детали, отвечают за точность и скорость печати;
- фиксаторы — датчики, которые определяют координаты печати и ограничивают подвижные детали. Нужны, чтобы принтер не выходил за пределы рабочего стола, и делают печать более аккуратной;
- рама — соединяет все элементы принтера [3].

Технологии 3D-печати

3D-печать имеет возможность реализоваться различными методами и с использованием разных материалов, но в базе любого из них лежит принцип послойного сотворения (выращивания) твёрдой модели.

Используются две технологии формирования слоёв:

Лазерная

1. Лазерная стереолитография — ультрафиолетовый лазер постепенно, пиксель за пикселем, засвечивает жидкий фотополимер (вещество, изменяющее свои свойства под воздействием света), либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, меняющийся с новым слоем. При этом жидкий полимер затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик.

2. Лазерное сплавление - *melting* — при этом лазер сплавляет порошок из металла или пластика, слой за слоем, в контур будущей детали.

3. Ламинирование — деталь создаётся из большого количества слоёв рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контур сечения будущей детали.

Струйная

1. Застывание материала при охлаждении — раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слой будущего объекта.

2. Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы — способ похож на предыдущий, но пластик твердеет под действием ультрафиолета.

3. Склеивание или спекание порошкообразного материала — похоже на лазерное спекание, только порошковая основа (подчас на основе 7 измельченной бумаги или целлюлозы) склеивается жидким (иногда клеящим) веществом, поступающим из струйной головки. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя вещества различных цветов. Существуют образцы 3D-принтеров, использующих головки струйных принтеров [4].

Сферы применения 3D-печати

Нынешний 3D принтер возможно использовать почти в каждой сфере промышленного изготовления. Например, в автомобилестроении эти приборы применяются, чтобы изготавливать уменьшенные копии машин и их деталей. Это позволяет работать с ними наглядно, избавляться от недостатков и так далее. Также принтеры для трехмерной печати активно применяются в дизайнерских студиях для создания уменьшенных моделей зданий, помещений и декоративных украшений.

Учитывая тот факт, что принтеры могут иметь различные размеры, от самых компактных домашних моделей, до промышленных устройств огромных размеров, стоит понимать, что они могут использоваться в самых разных целях и производственных областях.

Одно из самых быстроразвивающихся направлений 3D-печати – медицина. В 2011 году произошел триумф в регенеративной медицине: принтер, заправленный биогелем со стволовыми клетками, «напечатал» за 3 часа человеческую почку. Хотя до трансплантации органов ещё далеко, ученые уже сейчас разрабатывают технологии для пересадки выращенных с помощью 3D-печати кровеносных сосудов, органов брюшной полости, кожи. Сегодня во всём мире, в том числе и в России, успешно имплантируются напечатанные на 3D-принтере элементы человеческого скелета – кости, суставы, зубы.

Строительство

Строительство с помощью 3D-печати составляет серьёзную конкуренцию традиционным подходам. Объединенные Арабские Эмираты, Таиланд, Китай и Россия уже сегодня используют современные мобильные принтеры для печати домов прямо на месте их расположения.

Метод печати тот же, что и в других сферах применения, – послойное экструдирование (производство путем продавливания вязкого материала через формирующие отверстия). В качестве материала используются цемент, строительный мусор, бывшие в употреблении стройматериалы, стекловолокно и др. Технология работает по принципу строительного крана, возводящего стены из смеси бетона и связующих материалов. Если говорить о рациональности данного метода строительства, то стоимость материалов и время работы в разы ниже, а отсутствие прорабов и бригад сокращает финансовые затраты на человеческий труд. Более того, данная технология обеспечивает жильем людей с крайне низким уровнем дохода. Трудно переоценить перспективы быстрого возведения экономичного жилья оригинальных архитектурных форм как в перенаселенных городах, так в труднодоступных уголках планеты.

Быт

Принтеры с технологией 3D-печати постепенно осваивают сферы производства продуктов питания, одежды, обуви, уникальных сувениров, игрушек, мебели – всего того, что используют люди в повседневной жизни.

Для печати бытовой продукции широкого спектра человеку понадобится лишь принтер и различные материалы к нему.

Пищевой 3D-принтер заправляется картриджами с ингредиентами и готовит самые изысканные многокомпонентные блюда по рецептам, хранящимся на карте памяти.

Одежда и обувь, напечатанные на 3D-принтере, уже демонстрировались на показах мод. Совсем скоро можно будет покупать выкройки и печатать себе платья и джинсы, не выходя из дома. К готовому изделию можно напечатать уникальные декоративные дополнения, чтобы придать индивидуальность фабричному продукту. [5]

Заключение.

Использование 3D-печати в будничной жизни даст возможность уменьшить себестоимость изготовления продукции; снизить сроки изготовления; производить изделия различных объёмов и форм; безошибочно, без брака воспроизвести предмет. Можно уверенно сказать, что использование 3D-печати гарантирует колоритное и комфортабельное будущее.

Библиографический список:

1. 3D-принтер, URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер>
2. История 3D-принтера, URL: <https://3dmf.ru/wiki/istoriya-3d-pechati.html>
3. Как работает 3D-принтер, URL: https://gb.ru/posts/how_3d_printing_works
4. Как работает 3D-принтер, URL: https://gb.ru/posts/how_3d_printing_works
5. Применения 3D-принтера, URL: <http://rcm2.ru/razvlechenie/3d-pechat-istoriya-primeneniye-perspektivy/>

Нейросетевое распознавание геолого-геофизической информации

Аристов А.И.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Первичная геолого-геофизическая информация, полученная после посредственного пользования недрами, может быть представлена различным образом: буквенно, символично, графически, в виде звуковой информации. Поскольку первоочередным фактором является информатизация нефтегазовых месторождений, возникает необходимость четкой и слаженной обработки получаемой информации, целью которой является автоматизированная подготовка данных для передачи нефтяным компаниям и формирование детальных комплексных отчетов [1]. Существенное увеличение производительности работ в таком случае возможно с помощью реализации определенных цифровых технологий искусственного интеллекта. Это дает возможности повышения не только эффективности использования компьютерных средств, но и достоверности интерпретируемых результатов обработки первичных данных геологии и геофизики.

Проблематика исследования заключается в исключении рисков неопределенности в трактовке результатов интерпретации первичной геолого-геофизической информации в условиях неоднородности исходных данных, что немаловажно в управлении геологическим проектом на всех стадиях, при обеспечении гарантий безопасности.

Лабораторные исследования ядерного материала не ограничиваются только лишь классическими методами статистики, химии, физики и прочими, так же они могут включать средства анализа цифровой информации – изображений ядра, его текстового описания, привязки методов ГИС, и прочее. - с использованием алгоритмов глубокого и машинного обучения [2].

Автоматизирование процесса интерпретации данных позволяет не только сократить время изысканий, но и снизить геологическую неопределенность при идентификации ядерных данных [3].

Таким образом, для решения задачи распознавания текстовой геолого-геофизической информации могут быть использованы следующие нейросетевые алгоритмы [4, 5]:

- сверточная нейронная сеть для классификации текста (алгоритм №1);
- сеть двунаправленной длительной кратковременной памяти (алгоритм №2);
- сеть представлений двунаправленного кодера (алгоритм №3).

В качестве исходных данных для тренировки и отладки алгоритмов прогноза текстовой геолого-геофизической информации использовался категориально разделенный перечень описаний. Каждому описанию присвоен один из девяти так называемых кластеров – «Полимиктовый песчаник», «Мономиктовый песчаник», «Олигомиктовый песчаник», «Глинистая порода (глинистый сланец)», «Песчано-глинистая порода (хлоритовый сланец - филлит)», «Глинисто-иловая порода (аргиллит)», «Глинисто-карбонатная порода (мергель)», «Известняк», «Илистая порода (алевролит)».

Обучение каждого алгоритма выполнялось в 25 итераций. Объем обучающей выборки составил 75%, тестовой выборки - 25%. Производительность алгоритмов определялась на тестовой выборке (“validation accuracy”). В качестве метрик оценки классификации использовалась F-мера (“F1-Score”).

График функции потерь трех алгоритмов на обучающей выборке представлен на рисунке 1. Как видно из рисунка, достаточно хороший тренд показывает алгоритм №3 -потери, начиная с 10 эпохи, стремительно уменьшаются практически к 0.

На рисунке видно, что алгоритмы №1 и №2, скорее всего, чрезмерно подгоняются, поскольку доля потерь возрастает - возможно, они изучают "суеверные" закономерности, т.е. те, которые случайно оказываются верными в обучающих данных, но не имеют под собой оснований в реальности, и поэтому не верны в тестовых данных. В алгоритме №3 подобный эффект не наблюдается, поскольку он является уже предобученным на большом объеме текстовой информации, имеет базовую высокую точность и лишь требует подгонки под конкретную задачу, исключая риски непредвиденных результатов.

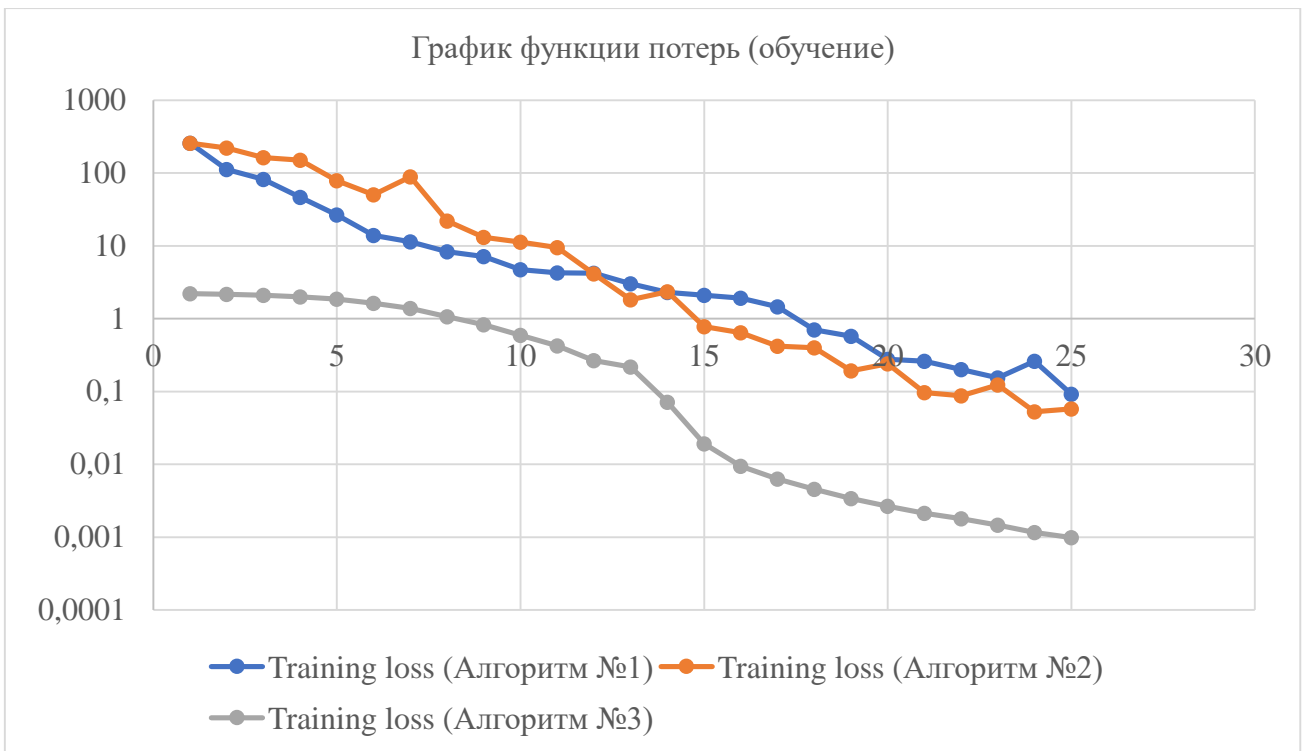


Рисунок 1 – График функции потерь на обучающей выборке

График функции потерь трех алгоритмов на тестовой выборке представлен на рисунке 2.

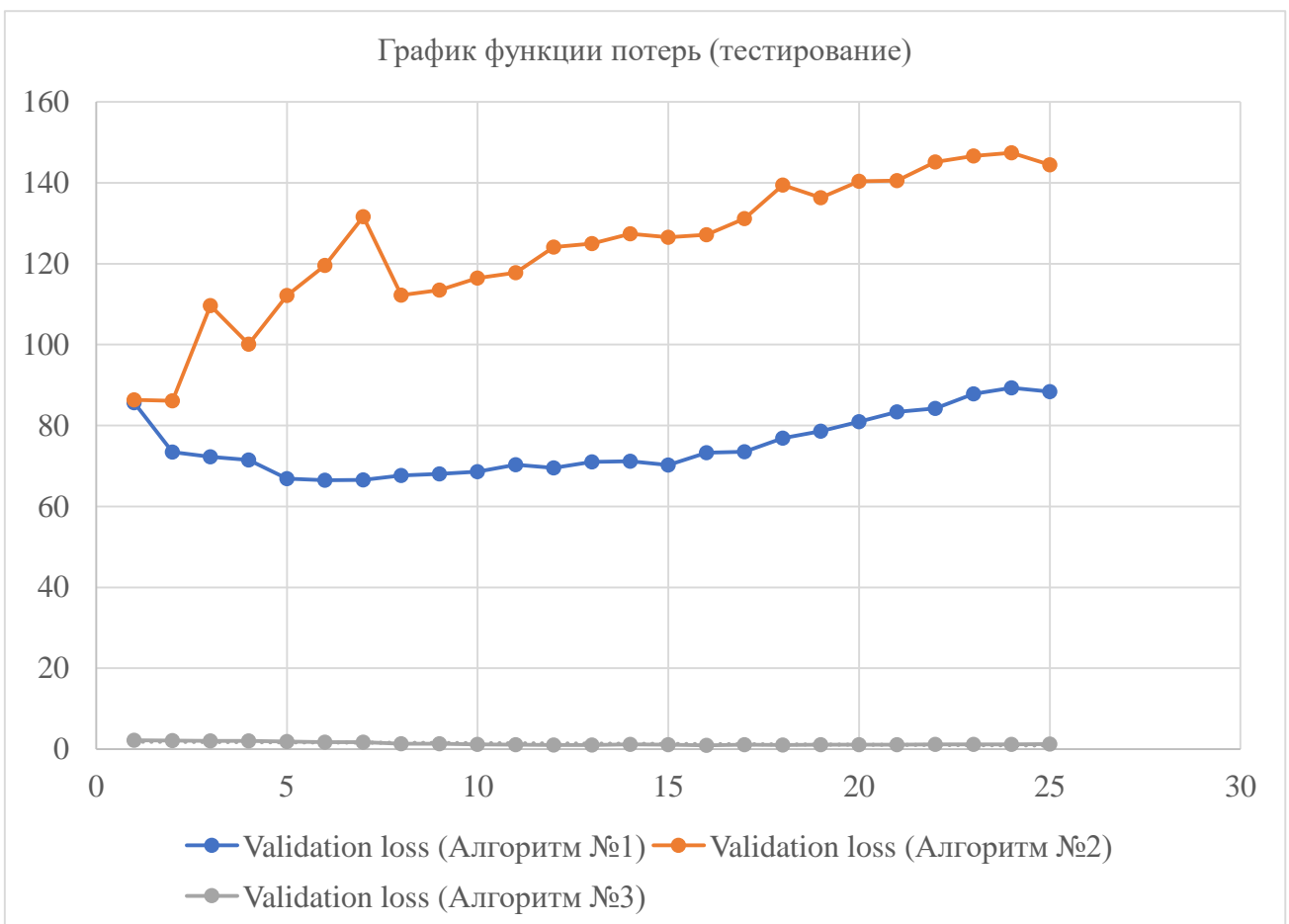


Рисунок 2 – График функции потерь на тестовой выборке

Графики изменения точности прогноза на тестовой выборке для трех алгоритмов изображены на рисунке 3.

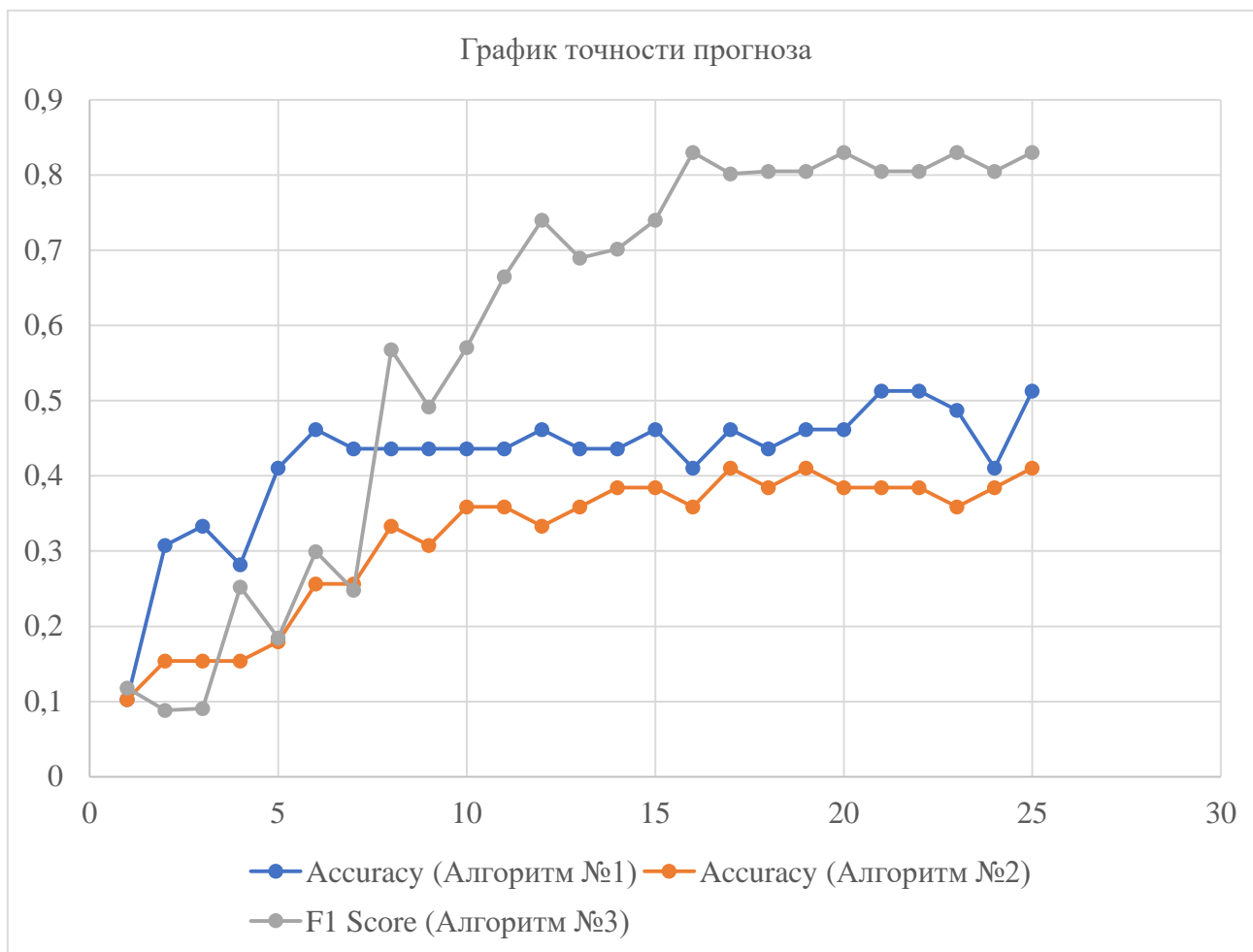


Рисунок 3 – График точности прогноза

Несмотря на вышеперечисленные особенности первых двух алгоритмов, общий тренд говорит об улучшении результатов прогноза. Наилучший результат достигнут при использовании алгоритма №3 с точностью 0.8302 (25 эпоха).

С целью удобства использования алгоритма был разработан пользовательский интерфейс модуля распознавания текстовой геолого-геофизической информации.

Интерфейс данного модуля включает в себя заголовок страницы, блок информации о модуле, область ввода исходных данных и область вывода данных. Вывод данных возможен в визуальном формате, а также в виде отдельных скачиваемых документов с расширением “.txt” или “.csv”.

Область ввода исходных данных позволяет ввести входные данные как вручную, так и с помощью средства загрузки файлов. Возможна загрузка только одного файла данных. Необходимо учитывать, что, если необходимо обработать информацию в текстовом поле, нужно удалить загруженный файл, нажав кнопку с изображением крестика вблизи него.

В области вывода исходных данных после обработки исходных данных изображается таблица с результатами присвоения каждому описанию кластеров. Таблица включает в себя следующие колонки: «Описание», «Кластер», а также колонки, которые именованы названиями кластеров, в которых выводится вероятность принадлежности описания к данному кластеру.

Каждое описание выделяется отдельно по нижней границе со использованием соответствующего стиля оформления для читабельности.

По результатам работы были выделены следующие направления дальнейшего исследования:

- определены дальнейшие шаги по совершенствованию качества алгоритма классификации с целью достижения высокого качества модели (точность) – 0.9-1.0;
- намечены планы по созданию алгоритмов распознавания микрогеологических образов в керне на базе томографических данных, а также специальных (РСА, описание шлифов, определение карбонатности, минеральный и гранулометрический анализы и т.п.), потоковых (определение ОФП, Квыт) и петрофизических (ФЕС, УЭС, определение водоудерживающей способности и др.) исследований керна.

Основные выводы:

Выполненная научная работа позволяет идентифицировать литологический тип горных пород со сложными структурно-текстурными особенностями, представленных разнородным текстовым описанием первичной геолого-геофизической информации.

Намечены дальнейшие шаги по разработке модуля для массовой эксплуатации - разработка детализированного интерфейса модуля и его развертывание на сервере «Цифровой платформы» на базе Тюменского индустриального университета.

Библиографический список:

1. Katanov Yu.E., Aleksandrov V.M., Yagafarov A.K. GEOLOGICAL AND MATHEMATICAL ANALOGY OF RESERVOIR AND POLYMER STRUCTURES / Test Engineering and Management. 2020. С. 6977.
2. Katanov, Y. E. (2021). A probabilistic and statistical model of rock deformation. In E3S Web of Conferences (Vol. 266, p. 03011). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126603011>.
3. Katanov Y.E., Vaganov Y.V., Listak M.V. GEOLOGICAL AND MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE ROCKS STRAIN DURING BEHAVIOUR OF THE PRODUCING SOLID MASS IN COMPRESSION (TENSION) / Journal of Mines, Metals and Fuels. 2020. Т. 68. № 9. С. 285-292. <https://doi.org/10.18311/jmmf/2020/27764>.
4. Prabhu, S., Mohamed, M., & Misra, H. (2021). Multi-class Text Classification using BERT-based Active Learning. arXiv preprint arXiv:2104.14289. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.14289>.
5. Qasim, R., Bangyal, W. H., Alqarni, M. A., & Ali Almazroi, A. (2022). A Fine-Tuned BERT-Based Transfer Learning Approach for Text Classification. Journal of healthcare engineering, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3498123>.

УДК 004.021

Разработка приложения для автоматизации расчётов физических величин с использованием современных компьютерных технологий

Стрюков П.В., Герберт Д.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире человек ежедневно использует множество разнообразных технологий. Все эти технологии появились благодаря физике. Физика очень важная наука. Она входит в перечень обязательных школьных предметов; изучается во всех технических вузах. Значительная часть физики описывается с помощью тех или иных формул. Все эти формулы имеют количественное значение и многие из них так или иначе взаимосвязаны. По этим причинам было бы логичным предположить существование некоего физического калькулятора, в который были бы вложены формулы и законы и который мог бы упростить многие рутинные расчеты. Тем не менее у всех подобных программ есть определенные недостатки. Всё это приводит к мысли о самостоятельной реализации данной программы.

Цель данной работы заключается в разработке приложения для автоматизации расчётов физических величин, используя современные компьютерные технологии.

Для достижения поставленной цели, необходимо первоочерёдно выполнить: 1. Выбор среды разработки и связанных библиотек наиболее удобных для решения данной программной

задачи; 2. решение проблемы взаимосвязанности физических формул; 3. создание графического интерфейса пользователя; 4. добавление в данный программный шаблон разнообразных компонентов, расширяющих программный функционал; упрощающих решение и визуализацию.

Прежде чем создавать какую-либо программу, необходимо узнать существующие аналоги, их характеристики, плюсы и минусы. Рассмотрим существующие аналоги нашей будущей программы. В первую очередь это разнообразные сайты, при помощи которых можно рассчитать несколько величин, связанных каким-то определенным законом (сайты типа calc.ru, allcalc.ru (а также их аналоги – приложения вроде Calckit)). Однако подобные сайты имеют значительный недостаток, они считают очень ограниченное число формул. В связи с этим, а также учитывая то, что при решении физических задач часто используется несколько законов использовать подобную альтернативу слишком неудобно (приходится переходить с сайта на сайт вручную переписывать результаты с одного в другой). Кроме того, подобные калькуляторы не дают возможности задавать не численные значения, не поддерживают возможность выражения одной переменной через другую.

Существуют также разнообразные языковые пакеты, позволяющие эмулировать различные физические процессы (пример – язык processing). Однако для их использования необходимо обладать особыми знаниями и иметь определённые навыки в программировании. Также существуют разнообразные базы данных, при помощи которых можно найти ответ на задачу (wolfram alpha), однако подобные базы данных требуют платного доступа, не имеют русификации и применимы далеко не во всех случаях.

Исходя из вышесказанного можно понять, что программа должна иметь возможность решать самые разнообразные физические задачи, не зависеть от сторонних баз и иметь понятный интерфейс.

Перед разработкой приложения необходимо выбрать язык, наиболее удобный для реализации. В нашем случае язык разработки должен удовлетворять следующим условиям: 1. Наличие хороших математических библиотек; 2. кроссплатформенность; 3. возможность гибкой работы с типами. Также с учетом современных реалий необходимо, чтобы язык распространялся под одной из свободных лицензий (как минимум копилефтной). В связи с последним пунктом очевидно, что в нашей работе не могут использоваться системы компьютерной алгебры типа MATLAB. Исходя из всего выше сказанного наиболее оптимальным выбором является язык Python.

Язык Python создан Гвидо ван Россумом в 1991 году. Распространяется под пермииссивноподобной некопилефтной лицензией (PSFL), что позволяет использовать его в любых приложениях без каких-либо условий. На сегодняшний момент является одним из самых популярных и быстроразвивающихся языков в мире. Кроме того, этот язык обладает самым большим количеством библиотек (это можно объяснить тем, что он дает возможность использовать многие библиотеки языков C и Fortran).

Даже не начав разработку, можно понять, что программное приложение, которое мы планируем разработать, будет содержать большое количество строк кода. В связи с этим следует очевидное решение разбить программу на несколько подпрограмм. Это позволит осуществлять параллельную разработку разнообразных модулей, исключит их влияние друг на друга, будет давать возможность подключать дополнительный функционал. Проблему запуска множества файлов в одном конкретном можно решить несколькими способами. Наиболее популярным способом является создание и импортирование модулей, которые в свою очередь можно комбинировать в пакеты. Однако на наш взгляд у такого подхода есть несколько минусов. Среди них можно указать такие минусы как недостаточная гибкость (данная проблема успешно решается любой полноценной IDE типа Pycharm), однако в отсутствие данной, работа с разнообразными папками будет проблематична. Кроме того, подход импортирования модулей используется для того, чтобы воспользоваться какими-либо написанными функциями, но редко применяется для запуска программы. Исходя из этих минусов, мы стали искать другой способ. Наиболее удачным на наш взгляд оказалась функция exec. Она позволяет запускать код, написанный в других файлах.

Помимо этого, данная функция дает возможность настраивать область видимости переменных, что позволяет избежать ненужных взаимодействий между подпрограммами.

Выбрав схему взаимодействия, можно подумать о вычислительном ядре программы. Учитывая проблему взаимодействия между физическими формулами, вполне очевидной является использование какой-то библиотеки, которая реализует функционал системы компьютерной алгебры. С учётом того, что наиболее важным свойством выбираемой библиотеки было умение работать с символьными вычислениями, у нас не было никакой альтернативы библиотеке SymPy.

Библиотека SymPy создана в 2007 году и с тех пор непрерывно развивается. Важнейшая особенность – собственный тип данных `symbols`, который позволяет облегчить реализацию символьных вычислений. С подключением данного модуля проблему взаимосвязанности формул в рамках одного закона можно реализовать при помощи различных комбинаций 3-х функций: `symbols` (изменение типа данных на символьный), `Eq` (выражение одного символа через другой), `solveset` (непосредственное решение уравнения).

Реализацию каждого закона удобно сделать через пользовательские функции. Взаимодействие между ними – через последовательный вызов. Однако, ввиду огромного количества формул, целесообразно развести разделы физики в разные подпрограммы (кинематика оптика и т.д.). Обмен информацией между функциями, а также подпрограммами осуществляется при помощи динамического массива, хранящего посчитанные и не посчитанные величины. Однако именно здесь возникает первая проблема. Модуль SymPy несколько ограничивает базовые методы воздействия на строки, по этой причине для работы с данным массивом приходится использовать метод интерполяции строк (также известный в питоне как `f-строки`) и простые регулярные выражения с использованием сырых строк.

Когда создано основное вычислительное ядро программы, стоит подумать о графическом интерфейсе пользователя (GUI). В языке Python есть множество библиотек, при помощи которых можно создать GUI. Наиболее известными и простыми являются PyQT, tkinter и wxpython. Однако PyQT и wxpython дают возможность работать не только с GUI, но и с базами данных, языками разметки. Во многих ситуациях эта гибкость является бонусом, но в данном случае она совершенно не нужна. Кроме того, tkinter поставляется вместе с питоном и нет необходимости установки дополнительных библиотек. Ввиду этих аргументов мы выбрали tkinter в качестве библиотеки, при помощи которой мы будем реализовывать графический интерфейс пользователя.

После реализации оконности приложения необходимо решить какие компоненты стоит добавить к нашему приложению для его дальнейшего развития и повышения удобства использования. В первую очередь мы заложили основу конвертера. Ядро нашей программы будет работать корректно лишь в том случае, если все величины будут заданы в одной и той же метрической системе. Наш конвертер переводит все величины в систему СИ, по причине того, что эта система – основная и большинство расчётов выполняются именно в ней. Так же для удобства мы вмонтировали в нашу программу отдельный математический калькулятор. В физике достаточно часто для понимания необходимо нарисовать рисунок. С этой целью мы вмонтировали в нашу программу упрощенный вариант Paint. Так же чтобы иметь возможность открывать текст задачи прямо в калькуляторе мы добавили облегчённую версию блокнота, позволяющую читать и редактировать текстовые файлы.

Заключение. Мы увеличили свои знания языка python. Узнали и изучили основы таких библиотек, как tkinter, SymPy. Познакомились с регулярными выражениями. Создали приложение для расчёта физических формул, используя современные компьютерные технологии.

В процессе работы над приложением мы выявили следующие недостатки языка python, его библиотек и функций:

1. Из-за того, что python – интерпретируемый язык, он обладает достаточно низкой скоростью. (Так же по этой причине он потребляет достаточно большое количество памяти, однако в данной работе мы не обнаружили никаких проблем с перегруженностью памяти). По этой же причине программу, написанную на python невозможно превратить в нормальный

исполняемый файл (exe). Все программы типа pyinstaller – по своей сути архивы, самораспаковывающиеся в TEMP, и поэтому даже в случае их использования получившееся приложение нельзя будет назвать настоящим исполняемым файлом.

2. Ограничение модулем SymPy элементарных функций для работы со строками. Данную проблему мы обошли за счет использования регулярных выражений и интерполяции строк.

3. Использование функции exes вызвало некоторые сложности в настройке области видимости.

Несмотря на это мы считаем, что сделали правильный выбор используя python, а также использованные нами библиотеки и функции. Единственный серьезный недостаток – отсутствие нормальной возможности превращения py файла в exe файл. Остальные же минусы не столь критичны. Так, например, проблема отсутствия возможности воспользоваться стандартными функциями для обработки строк сподвигла нас к началу изучения мощнейшего инструмента работы со строками – регулярных выражений. Что же касается функции exes, то настройка области видимости переменных – нормальное дело во всех модульных программах.

Перспективы развития программы. В общем и целом, мы лишь задали вектор направления развития программы. Есть множество вещей, которые можно развивать ещё очень долго. В первую очередь, это добавление новых физических формул и направлений. Так же на данный момент программа не работает с формулами, содержащими дифференцирование и интегрирование, однако функционал модуля SymPy вполне позволяет реализовать подобные формулы. Кроме того, есть куда развиваться и дополнительным модулям нашей программы. Помимо этого, отдельное внимание в будущем стоит уделить дополнительной визуализации.

Библиографический список:

1. Документация модуля SymPy - <https://docs.sympy.org/> (01.03.22).
2. Общая документация Python 3 - <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> (25.02.22)

УДК 004.896

Интеллектуальные технологии. Голосовые помощники

Круслякова Е.С.

Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Цель: раскрытие значимости голосовых помощников в жизни людей второго десятилетия 21 века.

Задачи:

1. Определение актуальности заявленной темы.
2. Проведения опроса среди 30 людей разных возрастов (от 18 до 25 лет, от 26 до 33 лет, от 34 до 41 года).
3. Составление списков популярных голосовых помощников.

Актуальность темы: в условиях развития информационных технологий, человечество начинает упрощать собственную жизнь. Поэтому, на помощь современному человеку пришли голосовые помощники, которые позволяют найти информацию или общение различным индивидам.

Опрос:

Для того, чтобы проверить актуальность выбранной темы, я провела опрос людей в возрасте от 18 до 25 лет, от 26 до 33 лет и от 34 до 41 года, чтобы проверить: кто чаще пользуется голосовыми помощниками, какой голосовой помощник пользуется наибольшей популярностью и правда ли они нужны современному человеку?

По результатам опроса можно увидеть, что категория людей от 18 до 25 лет пользуется голосовыми помощниками чаще, чем остальные группы. О голосовых помощниках знают, понимают их значение и пользу, которую они могут принести.

В остальном можно предположить, что голосовые помощники не сильно важны людям по той причине, что их занятость не требует дополнительных ассистентов. Времени хватает на то, чтобы успеть всё самому.

Сегодня мы поговорим о таких голосовых помощниках как Яндекс.Алиса, Маруся (Вконтакте), Siri и Google Ассистент.

Что такое голосовой помощник или виртуальный ассистент?

Главной задачей голосового помощника является максимально быстрое выполнение запросов с последующей обработкой данных. Ассистент способен распознавать голос пользователя и выполнять заданные команды.

Многие системы обладают широким набором полезных возможностей. К самым популярным можно отнести:

- Выполнение звонков по заданным номерам;
- Поиск различной информации;
- Открывание/закрывание приложений на телефоне;
- Включение музыки, фильмов и прочего контента;
- Активация будильника;
- Создание заметок;
- Общение, ведение диалога;
- Отображение прогноза погоды и прочее.

Яндекс.Алиса (Умная колонка).

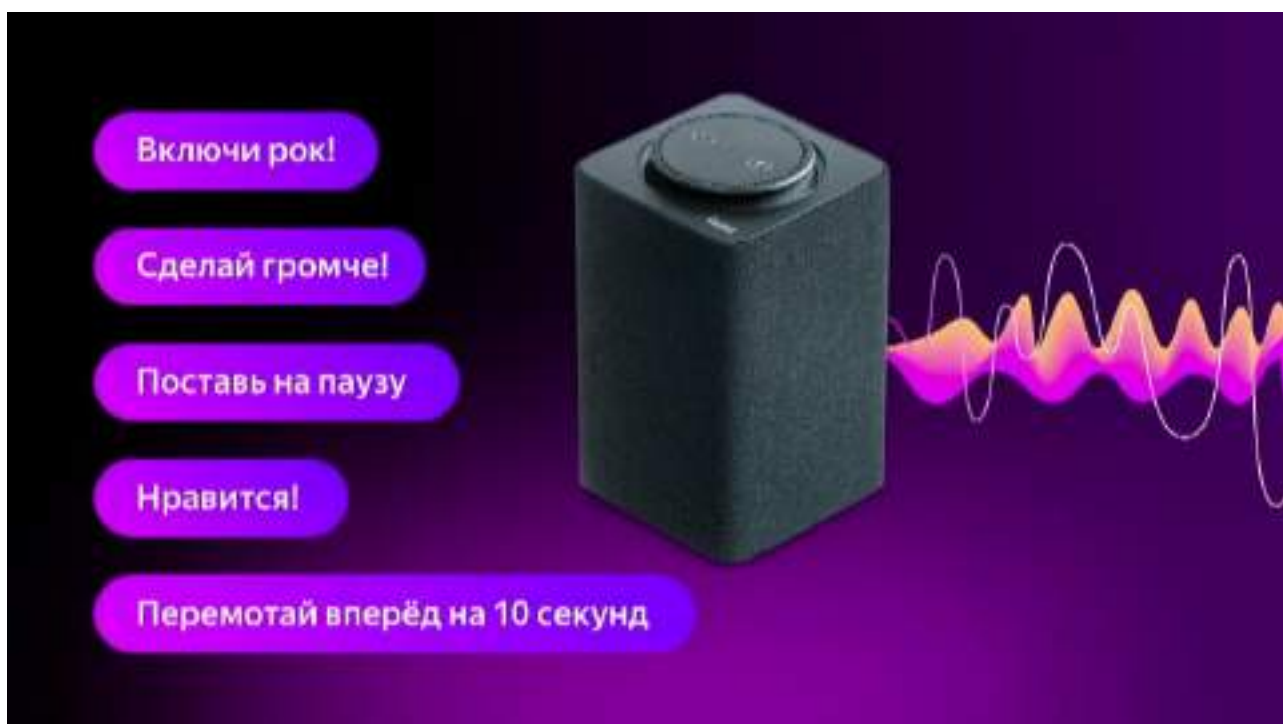


Рисунок 1 - Умная колонка, Яндекс. Алиса

Это одна из самых известных российских разработок, владеющая высочайшим уровнем человечности и впечатляющим перечнем возможностей. Голосовой ассистент подходит для всех операционных систем.

Стоит обозначить, что в первую очередь Алиса рассчитана на российских пользователей. Во многом идентична с такими системами как Google и Amazon.

Главная индивидуальность в том, что Алиса способна поддерживать разговор с владельцем техники. Ассистент способен рассказывать анекдоты, различные истории и даже петь песни. Кроме того, Алиса дает различные рекомендации. Владеет высочайшей скоростью розыска данных. Может запускать приложения, включать музыку и мониторить погоду.

Плюсы:

- Очень большой набор возможностей;
- Удобное управление;
- Алиса способна поддерживать беседу;
- Разработана специально для отечественного пользователя.

Минусы:

- Урезанный функционал на мобильных ОС.

Siri

Одна из самых высококачественных систем для упрощения управления различной техникой. Siri разработана специально для устройств компании Apple. Главной особенностью является максимально качественно внедренный русский язык. Благодаря этому считается одним из лучших решений для российских пользователей.

Еще одно достоинство заключается в том, что Siri по умолчанию встраивается в транспортные средства с функцией CarPlay. Виртуальный ассистент обладает высоким уровнем человечности. Умеет набирать и отвечать на звонки, писать и отправлять текста сообщений, а также находить информацию в браузере.

Плюсы

- Наилучшая локализация;
- Имеет возможность подсказывать произношение;
- Простота управления;
- Воспринимает короткие команды;
- Отвечает на звонки.

Минусы

- Только для Apple техники.

Маруся (ВКонтакте) (Умная колонка).

Голосовой помощник, разработанный компанией VK. Запущена 17 июня 2019 года. Доступна в приложениях под iOS и Android, интегрирована в Почту Mail.ru и ВКонтакте и ICQ. Доступна в умных колонках «Капсула» от VK и SmartVoice от Prestigio. Стоимость разработки составила около \$2 млн. Голосовой помощник проходит самообучение при помощи нейросетей.

Можно слушать аудиокниги, музыку, радио: звонить другу в ВКонтакте, поставить будильник.

Плюсы

- есть светодиодный индикатор, который показывает, что гаджет вас слышит и реагирует;
- низкая стоимость по сравнению с «Яндекс.Станцией» (это не относится к «Станции Мини»);
- подходит для любителей «ВКонтакте» — колонка запустит музыку из соцсети и даже позвонит друзьям.

Минусы

- платная подписка Combo (музыка «ВКонтакте», фильмы в онлайн-кинотеатре Okko, скидки 10% в Delivery Club, «Перекрестке» и при заказе такси «Ситимобил»), от 149 рублей в месяц;
- нет HDMI-разъёма — нельзя подключить к телевизору;
- не работает с сервисами Google и Apple, у которых есть свои голосовые помощники.

Google Ассистент

Появился в мае 2016 года в составе нового приложения Google для обмена сообщениями Allo и оригинальной колонки Google Home. В колонке впервые проявились способности Ассистента. Люди могли просто использовать свой голос, чтобы получить доступ к обширной базе знаний Google. К 2017 году Google Ассистент был запущен как приложение для iPhone и iPad.

Может открывать приложения на Вашем устройстве, читать уведомления вслух, совершать звонки, отправлять сообщения, подключаться к приложениям и веб-сервисам. Вы можете использовать его для составления списка покупок, чтения рецептов вслух, прослушивания радиостанций или новостей и многого другого.

Плюсы

- Поиск информации
- Много возможностей, связанных с личной учётной записью
- Всегда готов к работе при команде (возможен и ручной ввод)

Минус

- Сохраняет все ваши действия (контроль конфиденциальности)

Итог: По мере развития интеллектуальности голосовых помощников (а это самообучающиеся системы на основе искусственного интеллекта), интерес к ним будет возрастать все больше и больше у всех категорий населения. Со временем значимость подобных технологий будет больше, поскольку они станут не то, чтобы необходимостью, как обязанностью, в эру цифровых технологий.

Библиографический список:

1. Топ-12 голосовых помощников [Электронный ресурс]. - <https://smarthomegadget.ru/luchshie-golosovye-pomoshniki/> (дата обращения 12.03.2022).
2. Кто на свете всех умнее: сравниваем умные колонки с голосовыми помощниками «Алиса» и Маруся». [Электронный ресурс]. - <https://blog.eldorado.ru/publications/kto-na-svete-vsekh-umnee-sravnivaem-umnye-kolonki-s-golosovymi-pomoshchnikami-alisa-i-marusya-24258> (дата обращения 12.03.2022).
3. Что такое Google Ассистент и что он может делать. [Электронный ресурс]. - <https://android-example.ru/useful-articles/chto-takoe-google-assistent-i-chto-on-mozhet-delat/> (дата обращения 12.03.2022).

УДК 004.4 + 502

Применение цифровых двойников в геологии

Шутов Д.А., Соибов Б.С.

Научный руководитель - Смирнов Ю.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Сегодня цифровые двойники являются наиболее актуальной темой в рамках промышленной автоматизации и Индустрии 4.0. Все чаще компании выбирают новые технологии как альтернативу дорогостоящему техническому переоснащению производства, а многие проектные организации, участвующие в разработке объектов транспорта и переработки газа, технологически и организационно готовы к разработке цифрового двойника. В данной статье приведены возможности применения цифровых двойников в нефтегазовой отрасли.

1. Искусственный интеллект. Какая польза от искусственного интеллекта в геологии.

Искусственный интеллект (ИИ) — это ряд алгоритмов и программных систем, способных решать задачи так, как это делал бы человек. ИИ основывается на самообучаемых искусственных нейронных сетях.

Искусственный интеллект в геологии уже помогает получать ранее недоступные массивы высокодетальных и точных данных о подземном строении земли.

Разведочное бурение с помощью ИИ, анализ данных сейсмических исследований помогают компаниям проводить меньше тестов при разведке месторождений и бурить меньше скважин – это существенная экономия денег и времени.

Основная тема, на которую хочется поговорить - цифровые двойники и их применение в нефтегазовой отрасли.

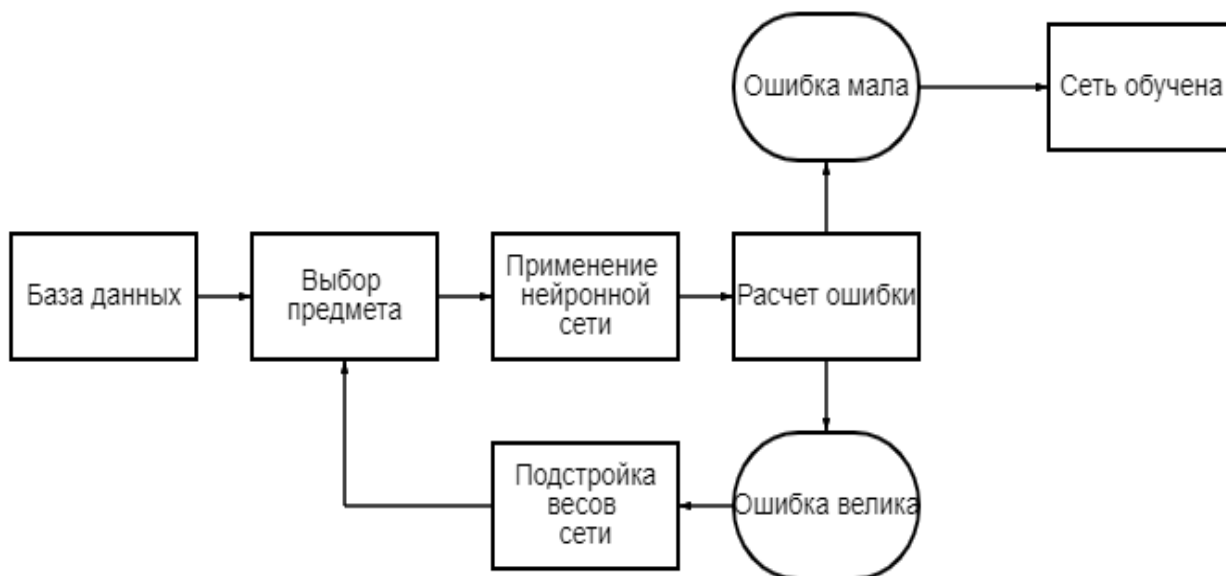


Рисунок 1 - Процесс обучения искусственных нейронных сетей.

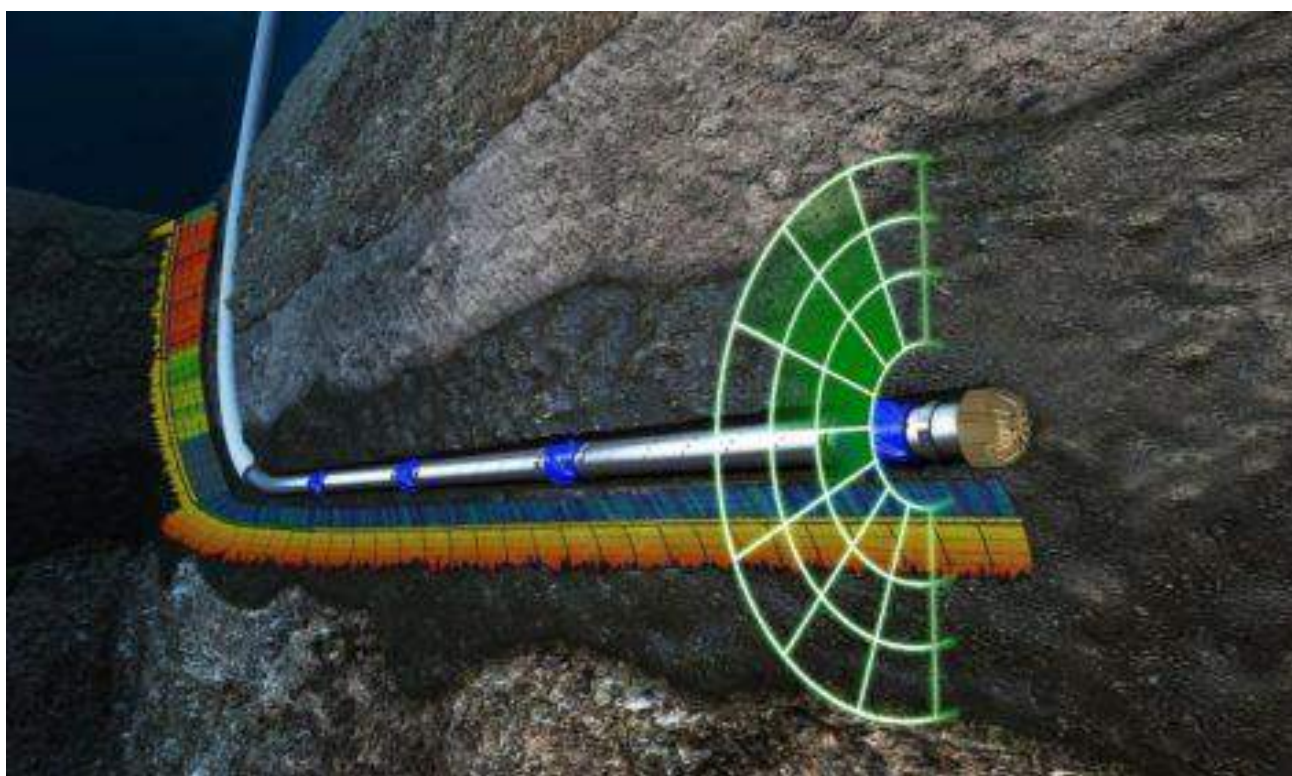


Рисунок 2 - Разведочное бурение с применением цифрового двойника.

2. Цифровые двойники

Цифровой двойник это виртуальный аналог реального объекта, компьютерная модель, которая в своих ключевых характеристиках дублирует его и способна воспроизводить его состояния при разных условиях. По сути, это набор математических формул, описывающих сам объект и протекающие в нем процессы.

Цифровые двойники позволяют выбирать наиболее оптимальные режимы работы, ставить виртуальные эксперименты, которые в реальности могут быть сопряжены с риском повредить оборудование.

2.1. Возможности цифровых двойников

Качественно налаженная работа с двойником создает все условия для глубокого анализа, контроля, максимально быстрого и точного принятия решений.

В зависимости от заявленных компанией целей, цифровые двойники могут быть очень разными. Есть четыре принципиальных параметра, определяющих уровень сложности реализации двойника:

- Уровень детализации (от максимально широкого уровня модели поля до подробной модели, вплоть до конкретного оборудования);
- Тип визуализации (информационные панели, двухмерные диаграммы или трехмерные модели);
- Функционал (библиотека документации, призванная накапливать и анализировать данные, или рабочие инструменты, поддерживающие сквозные производственные процессы);
- Глубина аналитики (визуализация «сырых» данных, первичный анализ или более глубокие уровни: формирование прогнозов, автономные алгоритмы).

Изначально использовали умные скважины, оснащенные датчиками и системами для удаленного управления. Однако они не позволяли учесть геологические особенности месторождения и оборудования для добычи. Цифровые скважины помогают лучше контролировать процесс добычи и управлять им максимально эффективно.

Для нефтегазовой отрасли двойники особенно важны по двум причинам:

1. Многие объекты (нефтяные платформы и вышки) удалены от основного производства и головного офиса компании и находятся в труднодоступных местах. Поэтому виртуальные двойники помогают следить за их работой из любой точки.
2. Добыча и переработка нефти связаны с повышенным риском, а аварии на объектах приводят к гигантским расходам и экологическим бедствиям. Двойники помогают избежать многих инцидентов, а значит — и расходов на ликвидацию последствий, простоев оборудования и человеческих жертв.

2.2. Для чего нужны цифровые двойники в геологоразведке.

- Собирают данные о работе оборудования и систем;
- Рассчитывают вероятность износа или выхода из строя;
- Если показатели критические, система оповещает персонал, чтобы он принял меры;
- Помогают подобрать оптимальный режим работы, увеличить объемы добычи и нефтепереработки.

3. Цифровое месторождение.

Развитие концепции цифрового месторождения — началось с появления умных скважин, оснащенных всевозможными датчиками и системами для удаленного управления. Впрочем, одних скважин недостаточно: необходимо создать модель, в которой будут учтены и геологические особенности месторождения, и все оборудование, которое осуществляет добычу.

Такая модель позволяет лучше контролировать процесс добычи, лучше им управлять и в конечном счете добывать больше, эффективнее и безопаснее.

В первую очередь создание «цифрового месторождения» означает широкое применение передовых информационных технологий с целью повышения рентабельности добычи и совершенствования технологий разведки месторождений.

4. Цифровой керн.

Цифровой керн — это комплексная технология изучения породы с помощью математического моделирования физических свойств объекта и протекающих в нем процессов на уровне пустотного пространства.

Цифровые керны помогают решить эту проблему. Для их создания образцы породы сканируют в томографе высокого разрешения, а затем проводят исследования на полученной 3D-модели. При этом на одном керне можно проводить неограниченное число экспериментов, не опасаясь повредить и разрушить его.

Основной целью технологии является получение комплекса петрофизических свойств образца горной породы и расчет фильтрационных характеристик. Такие данные возможно получить методами математического моделирования на основе 3D снимков по результатам микротомографии.

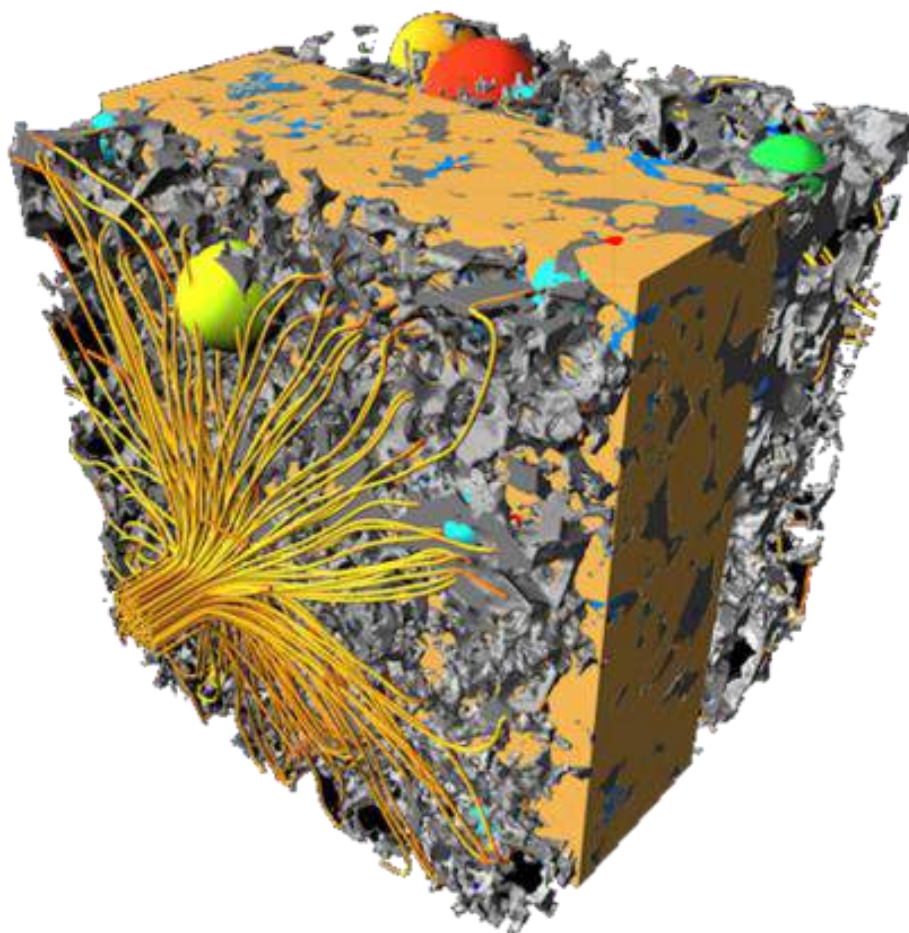


Рисунок 3 - Цифровой керн. Моделирование физических свойств и пустотного пространства образца керна.

Цифровые двойники — это инновационное направление, которое уже успело занять важное место в горнодобывающей промышленности за счет возможности снижения затрат и улучшения экономики проектов. Разработка и внедрение системы позволяет по-новому подойти к геологоразведочным процессам, находя новые эффективные решения с помощью инновационных технологий.

Библиографический список:

1. Цифровой двойник в геологии. URL:<https://www.lanit.ru/press/smi/spetsproekt-ria-novosti-i-lanit-tsifrovoy-dvoynik-v-geologii/>
2. Машинное обучение и искусственный интеллект в геологии. URL:<https://zolotodb.ru/article/12356>
3. Технология будущего "Цифровой керн". URL:<https://www.angi.ru/news/2884103>
4. Цифровое месторождение. URL:<http://itpss.ru/docs/pos-materials/201710-Digital-Oilfield-Design-and-Implementation>
5. Как цифровые двойники помогают добывать нефть и газ. URL:<https://trends.rbc.ru/trends/industry/613895d29a79477154fec314>
6. Цифровое зеркало. URL:<https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-september-projects/1863687/>
7. Применение цифровых двойников в нефтегазовой отрасли. URL:https://www.digitaltwin.ru/media/resources/digital-twin-in-oil-gas-industry_compressed

Выбор системного программного обеспечения вычислительного кластера

Дворецкая П.С., Соловьев С.Е., Крутецкий Е.С.

Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время в различных областях науки имеются большие классы задач, требующих крупномасштабных вычислений, которые способны произвести только высокопроизводительные системы. Существующие коммерческие суперкомпьютеры имеют высокую стоимость, поэтому для исследований большинство корпораций, научных центров и университетов в качестве альтернативы собирают относительно дешевые компьютеры в кластеры.

Под кластером понимают группу компьютеров, соединенную высокоскоростной сетью в единую систему. В вычислительном кластере (HPC cluster) имеется центральный элемент – терминал, головной узел, через который осуществляется непосредственное взаимодействие системы с пользователем. Остальные узлы кластера представляют собой вычислительную мощь. Благодаря такому подходу удается достичь существенного сокращения времени выполнения задачи за счет ее распределения между вычислительными узлами.

Однако недостаточно только физически соединить некоторую группу компьютеров для создания распределенной системы. Все узлы требуют определенной координации действий, которая обеспечивается на программном уровне. Поэтому немаловажной задачей является грамотный выбор программной составляющей кластера, за счет которой производится распределение задач пользователей и ресурсов системы между узлами для повышения производительности.

Таким образом, цель данной работы – анализ существующих подходов к созданию программных продуктов для распределенных систем, а также грамотный подбор системного программного обеспечения вычислительного кластера, реализуемого на базе компьютерного класса кафедры ВТИСиТ Ухтинского государственного технического университета (УГТУ).

Имеется несколько подходов к созданию программного обеспечения для вычислительных кластеров.

Первым из них является создание распределенного окружения для кластерных вычислений (DCCE), иными словами, «кластерной» операционной системы, способной без участия пользователя эффективно управлять кластером.

Для этого необходима специальная логика работы операционной системы, способная осуществить грамотную диспетчеризацию кластера и обеспечить предъявляемые требования к кластерному ПО (производительность, надежность, удобство использования).

Подобные ОС реализуются за счет метода Single-System Image (SSI, в переводе Единый системный образ). С их помощью несколько компьютеров представляются в качестве единой системы, при этом от пользователей и приложений скрывается распределенный характер вычислений и ресурсов. Идея данного подхода основывается на динамическом планировании - поскольку все элементы кластера на логическом уровне представлены как единое звено, то возможна балансировка нагрузки на вычислительных узлах за счет миграция процессов между ними.

Основное достоинство полнофункциональных кластерных сред – для пользователей они ничем не отличаются от обычной ОС, что не затрудняет работу с ними. Все процессы распределения и диспетчеризации осуществляются прозрачно для приложений, поэтому нет необходимости в специальной их подготовке перед использованием. Прозрачный механизм миграции позволяет превратить весь кластер как бы в большую SMP-машину со множеством процессоров (каждый узел в роли процессора).

В большинстве своем SSI являются патчами ОС с открытым исходным кодом, то есть разрабатываются на базе Linux или FreeBSD.

Существует множество реализаций подобных решений: OpenSSI, OpenMosix, Kerrighed. Наиболее часто используемым ПО при данном решении является Mosix и его бесплатное ответвление - OpenMosix.

Пакет OpenMosix – это дополнения, патчи к ядру Linux. Так как OpenMosix базируется на ядре Linux, то имеется полная совместимость файлов и программ в этих двух системах.

Поскольку OpenMosix является патчем, то перед использованием необходима его установка на имеющееся ядро Linux-системы и компиляция. На данном этапе имеется несколько подходов. Первый заключается в установке патча на предустановленную на кластере операционную систему, что является более сложным вариантом. Другой подход – установка ОС с уже «пропатченным» ядром. Существуют реализации OpenMosix на многие известные Linux-дистрибутивы, такие как Red Hat Linux, Debian, SuSe.

Таким образом, первый подход реализует прозрачное для пользователей использование кластера и его вычислительной мощности за счет внесения изменений в ядро исходной операционной системы.

Наиболее широкое распространение получил альтернативный вариант системного ПО кластера, без модификации ядер ОС. Для реализации данного подхода на узлы кластера производится установка любой ОС, а в качестве системы управления выступают специализированные программы, являющиеся пользовательскими приложениями. После установки базовой операционной системы необходимо загрузить дополнительное программное обеспечение для функционирования кластера: компиляторы, библиотеки и программы.

Стандартом «de facto» для программного обеспечения кластера являются Unix-подобные системы, к примеру, Linux. Данный выбор связан с открытостью программных продуктов, а также наличием большого количества библиотек, компиляторов, средств отладки и разработки и, что не мало важно, обширной документации.

Стоит отметить, что рекомендуется устанавливать дистрибутивы общего назначения на компьютеры, выступающие в роли консоли кластера, а на вычислительных узлах использовать серверные версии ОС. Данный подход связан с тем, что дистрибутивы, предназначенные для развертывания серверов, не имеют графического интерфейса, следовательно, являются более быстрыми, и не затрачивают дополнительные ресурсы.

Однако выбор операционной системы не столь важен, поскольку основа кластера – коммуникационная среда, которая позволяет организовать совместное выполнение задач на различных физических устройствах. Наиболее применяемыми средствами связи на программном уровне являются MPI и PVM.

MPI (Message Passing Interface) — это стандарт на программный инструментарий для обеспечения связи между отдельными процессами параллельной задачи. MPI предоставляет программисту единый механизм взаимодействия процессов внутри параллельно исполняемой задачи, взаимного расположения процессов (на одном физическом процессоре или на разных) и API операционной системы.

MPI используется при написании параллельных программ для коммуникации процессоров друг с другом. Имеется большое количество вариантов реализации данного стандарта, как коммерческих, так и бесплатных, для различных языков и платформ. Наиболее распространенными свободными версиями являются библиотеки OpenMPI и MPICH.

PVM (Parallel Virtual Machine) также является библиотекой, базирующейся на механизме передачи сообщений. Основная особенность PVM – библиотека ориентирована на гетерогенные системы, то есть имеющие разные аппаратные составляющие, в то время как MPI – на однородные кластеры.

Некоторое время назад именно PVM считался популярным пакетом для обмена информацией между узлами, однако был вытеснен MPI, поскольку имеет поддержку большего количества вызовов и возможность указания большего числа параметров для каждого вызова.

Для упрощения работы и поддержки кластерных систем имеется ряд дополнительного программного обеспечения, к примеру, средства администрирования кластера для наблюдения за состоянием кластера (Ganglia, C3) и кластерные системы управления пакетной обработкой, автоматически распределяющие задачи по узлам в соответствии с их загруженностью (Condor, Sun Grid Engine).

Имеется возможным скачать, установить необходимые программы и службы и настроить кластер вручную, однако гораздо более удобно воспользоваться специализированным пакетом, который поможет быстро развернуть и настроить кластерную систему.

В качестве примера можно привести Microsoft Compute Cluster Server 2003, который представляет собой набор программных продуктов – операционную систему Windows Server 2003 и MS Compute Cluster Pack (CCP) – самостоятельный установочный пакет, включающий в себя встроенный планировщик заданий, поддержку интерфейса MPI, инструменты пользователя и средства управления ресурсами кластера.

Однако данная система не является свободно распространяемой, бесплатна только пробная версия. Как говорилось ранее, в качестве операционной системы кластера приоритетнее использовать Linux.

В настоящее время наиболее часто используемыми дистрибутивами для простой и быстрой настройки кластеров являются Rocks и Pelican HPC. Оба кластерных дистрибутива рассчитаны на небольшое количество вычислительных узлов, что отличает их, к примеру, от кластеров на MOSIX, разворачиваемых для промышленных масштабов. Помимо этого, рассматриваемые дистрибутивы не подразумевают под собой первоначальную установку ОС на узлы кластера.

Rocks – пакет для развертывания, администрирования и поддержки кластера. Ранее разворачивался на основе системы Red Hat Linux, но последние его версии были разработаны для CentOS. Установка всего программного обеспечения, необходимого для функционирования кластера, производится через главный узел. После настройки терминала, вычислительные узлы могут быть загружены по сети через PXE и автоматически настроены. PXE – загрузка компьютера с помощью сетевой карты без использования локального носителя данных, таких как жесткий диск или USB-накопитель.

При завершении установки дистрибутива и настройки узлов получается полностью функционирующий кластер, готовый к работе.

Недостатком данного программного продукта, в некоторых случаях, может выступать тот факт, что для развертывания кластера необходимо установить ОС на внешнюю память главного узла кластера, что в некоторых случаях вызывает неудобства. К примеру, если кластер строится на базе компьютеров, которые планируется использовать не только в составе кластера, а как обычные персональные машины.

Данную проблему можно избежать, путем использования систем с использованием Live CD /Live USB – возможности загрузки операционной системы со сменного носителя, без установки на жёсткий диск.

Подобным решением является Pelican HPC, основанная на системе Debian. Однако ее достоинство становится и недостатком. Поскольку Pelican HPC – Live система, то данные, службы и конфигурации системы не будут сохраняться и после перезагрузки кластера вернуться в исходное состояние. Имеются некоторые утилиты для частичного решения данной проблемы, к примеру, WinSCP, которая позволяет переносить данные с Pelican HPC в операционную систему, установленную на винчестере главного узла.

Для разрабатываемого кластера планируется использовать Rocks, поскольку в выбранном дистрибутиве возможно более эффективно вручную произвести настройку системы и выбрать необходимые для установки компоненты. Тогда как в случае с Pelican HPC узлы устанавливаются в соответствии со стандартной конфигурацией, предусмотренной производителем дистрибутива.

Помимо того, все узлы кластера специально приспособлены к использованию в кластере и нет необходимости в установке Live системы.

В дальнейшем в рамках данной тематики необходима проверка работоспособности выбранного дистрибутива на создаваемом кластере. Стоит отметить, что выбранный кластерный дистрибутив Rocks представляет собой первую экспериментальную попытку установки системного программного обеспечения на проектируемый вычислительный кластер, и в дальнейшем планируется испробовать различные программные продукты и подходы, упомянутые в данной статье, и сделать сравнительный их анализ относительно качества функционирования и удобства использования.

Подводя итог, стоит отметить, что на данный момент имеется большой спектр кластерного программного обеспечения, базирующегося на различных подходах. Среди данного разнообразия возможно подобрать тот программный продукт, который будет соответствовать реализуемой распределенной системе и задачам, стоящим перед ней.

Библиографический список:

1. Ечмаев А.И. Организация вычислительного кластера на базе персональных компьютеров учебных аудиторий // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013005909> (дата обращения: 13.03.2022)
2. Ильин, Б. П. Использование свободного программного обеспечения для организации параллельных вычислений / Б. П. Ильин // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2012. – № 5. – С. 24.
3. Сбитнев, Ю. И. Практическое руководство по параллельным вычислениям / Linux. Кластер: сайт. - URL: <http://cluster.linux-ekb.info/> (дата обращения: 10.03.2022)
4. Лукин В. В., Марчевский И. К., Морева В. С., Попов А. Ю., Шаповалов К. Л., Щеглов Г. А. Учебно-экспериментальный вычислительный кластер. Ч. 2. Примеры решения задач // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uchebno-eksperimentalnyy-vychislitelnyy-klaster-ch-2-primery-resheniya-zadach> (дата обращения: 10.03.2022).

УДК 004.75

Проект кластера на базе персональных компьютеров компьютерного класса

Соловьев С.Е., Дворецкая П.С., Крутецкий Е.С.

Научный руководитель – Смирнов Ю.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

На сегодняшний день в организациях важным фактором является скорость решения поставленных задач. Многие мировые компании пытаются отыскать и купить компьютер, способный решать трудоемкие и занимающие много времени задачи, вычислять с высокой скоростью и эффективностью или обрабатывать огромное количество данных за малое количество времени. Однако зачастую такие компьютеры оказываются либо слишком дорогими, либо недостаточно эффективными.

В современном мире организация большой вычислительной системы с нуля является дорогой, неоправданной и вероятнее всего неэффективной задачей. Однако существует способ значительно сэкономить. Этим способом будет являться создание кластерной системы на базе персональных компьютеров. Построенный кластер можно будет использовать для научных расчетов, бизнеса или в учебных целях. Это решит проблему сложности поиска мощного компьютера или позволит использовать устаревшую вычислительную технику, которая потеряла свою актуальность со временем, однако еще пригодная для использования.

Кластерной системой или кластером является определенное количество отдельных персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть. Возможность управления данными компьютерами обеспечивается при помощи специальных аппаратно-программных средств.

Построение кластерной системы возможно из компьютерных элементов, что позволит значительно сэкономить, либо на базе отдельных персональных компьютерах. Под компьютерными элементами понимается материнская плата и процессор, а так же сетевая карта, если она не является встроенной. Сетевая карта понадобится для подключения компьютера к локальной сети и передачи по ней данных.

Сборки кластерных систем можно разделить на 2 группы. Первой группой являются сборки, которые собираются из комплектующих из свободной продажи. Такие сборки обладают сравнительно низкой стоимостью, однако будут иметь низкую производительность. Под второй группой подразумеваются более дорогие комплектующие компьютеров, которые тяжелее достать в магазинах и делаются производителем специально для заказчика. Такие сборки являются эффективными и производительными, но как говорилось ранее очень дорогие.

В рамках данной статьи будет рассматриваться развертывание и управление однородным кластером. Однородным кластером называется совокупность персональных компьютеров или компьютерных элементов, которые имеют одинаковую конфигурацию и управляются одной операционной системой.

Целью данной работы является описание проекта кластера на базе персональных компьютеров компьютерного класса в учебных целях для ознакомления с принципом работы кластерной системы и предоставленных возможностях, в число которых входят распараллеливание задач или использование прикладной математики, а так же для сравнения с обычными персональными компьютерами.

Для прикладной задачи или пользователя вся вычислительная техника, собранная в единую кластерную систему, будет выглядеть как один компьютер. Именно это будет являться важным фактором при построении кластерной системы. Пример кластерной системы с общей памятью представлено на рисунке 1.

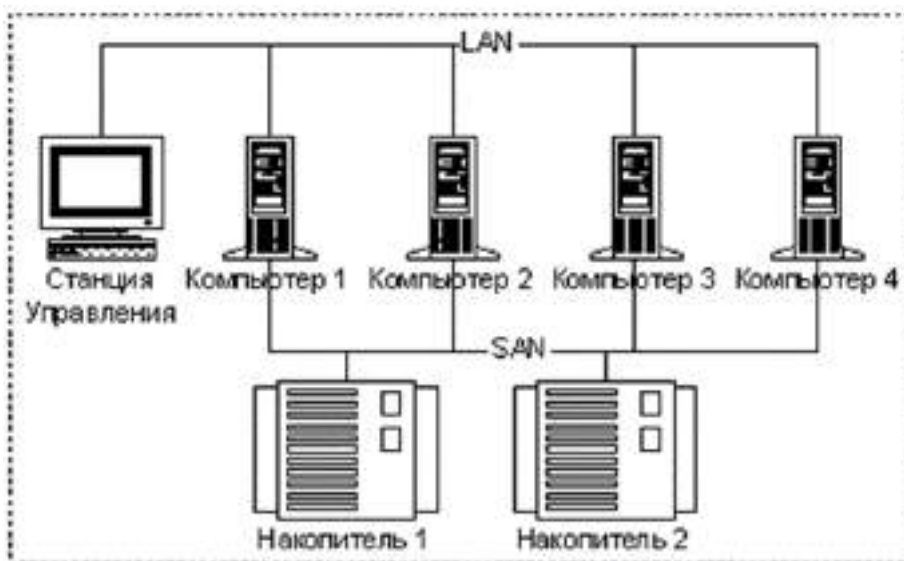


Рисунок 4 - Кластерная система

Выделяют 4 классификации кластерной системы:

- Кластеры высокой доступности (отказоустойчивые кластеры) – предоставляет высокую доступность сервиса. Такие кластеры отказоустойчивы по причине большого количества узлов.

- Кластеры распределения нагрузки – принципом действия является использование один или несколько входных узлов для распределения запросов через них. После чего, данные вычислительные узлы перенаправляют поступившие на них запросы на обработку в остальные, вычислительные узлы. Целью данной классификации является производительность;

- Вычислительные кластеры – уменьшают время расчета распараллеливая задачу между вычислительными узлами, которые обмениваются данными по сети. Имеют высокую производительность процессора в операциях над числами с экспоненциальной формой представления вещественных (действительных) чисел, в которой число хранится в виде мантиссы и порядка, и хорошую скорость ввода и вывода информации;

- Кластеры баз данных – появились совсем недавно. Принцип работы заключается в функционировании с параллельными версиями баз данных. Используются в крупных компаниях и организациях для работы CRM-систем и ERP-систем. Являются выгодным решением в соотношении цены и производительности, а также масштабируемость и отказоустойчивость.

В рамках данной статьи будет рассматриваться проект вычислительного кластера.

Развертывание кластерной системы будет предназначено для учебных и ознакомительных целей.

Развертывание кластера является относительно несложной задачей, которую можно разделить на несколько последовательных этапов:

1. Настройка аппаратного обеспечения кластера

На данном этапе при получении единой совокупности связанных между собой компьютеров стоит предусмотреть конфигурацию машин так, чтобы они были максимально идентичными.

Наличие «слабых звеньев» приводит к рассинхронизации и, впоследствии, увеличению времени вычисления кластерной системы, что будет являться плохим результатом для кластерной системы. Для организации учебного кластера для ознакомительных целей подойдет процессор Intel Core 2 Duo или выше. Что касается оперативной памяти, то 2 гигабайт будет достаточно. Так же необходим встроенный телекоммуникационный порт Ethernet 1 Gb. Место на жестких дисках не ограничено, для успешной работы хватит бюджетных HDD на 500 Gb. Сменные носители Live CD /Live USB так же пригодны для использования в случае, если нет в наличии жестких дисков.

Данный этап так же предполагает собой обновление и настройка на каждом узле часов BIOS. Время, выставленное на вычислительных машинах должно быть приблизительно одинаковым. Погрешность до 5 минут будет являться допустимым значением. Многие кластерные системы поддерживают автоматический синхронный ход системных часов, однако для этого необходимо настроить их так, чтобы они с самого начала шли одинаково.

Если персональные компьютеры уже использовались до развертывания стационарного кластера, то перед загрузкой управляющей программы необходимо отформатировать жесткие диски машин. В нашем случае рассматривается временной вычислительный кластер, поэтому при его развертывании форматировать жесткие диски компьютеров не требуется

Так же перед развертыванием кластера необходимо предусмотреть питание компьютеров и возможность дополнительного охлаждения в случае, если все персональные компьютеры расположены близко друг к другу. При их подключении стоит промаркировать все кабели коммуникации.

2. Коммуникационное обеспечение кластера

Пропускная способность сети является самым «узким местом» кластера. Следовательно, увеличение количества узлов, напрямую будет влиять на производительность кластера.

Однако эффективность и производительность вычислительного кластера растет до момента, когда время передачи информации между узлами становится равным времени решения вычислительным узлом задачи.

При организации кластерной системы большая нагрузка на коммуникационную сеть будет исходить из созданной файловой системы. Для избегания возможного создания помех от файловой системы во время процесса обмена данными или при функционировании программы, которая работает одновременно на разных вычислительных узлах, необходимо физически разделить существующую сеть на 2 сегмента. В одном из них будет работать файловая система, а в другом будет происходить обмен данными.

При развертывании кластера эффективным вариантом организации сети будет использование сети Myrinet или 10Gbit Ethernet. Так же подойдет более экономичный вариант - Gigabit Ethernet, но он будет иметь достаточно большую задержку.

В случае если варианты с Myrinet или 10Gbit Ethernet оказались недоступны, то существует возможность улучшить имеющуюся гигабитную сеть путем увеличения количества сетевых карт. В данном случае понадобится две сетевые карты, соединенные специальным драйвером, позволяющим передавать между ними данные. Однако сетевые карты должны быть подключены к двум разным свитчам. Таким образом, получится двух гигабитная сеть, что даст ощутимый эффект в сравнении с гигабитной сетью.

При невозможности реализации ранее рассмотренного варианта и коммуникационный узел является свитчем с малой пропускной способностью, то стоит заменить его на свитч с более высокой пропускной способностью.

3. Группировка компьютеров

Данный этап нужен для выбора одного из компьютеров в качестве главного узла построенной кластерной системы. Главный узел будет ответственен за управление и отслеживание работы кластера. Получение данных, результатов, а так же производить запуск программ будет осуществляться главным узлом системы.

Подключенные вычислительные узлы будут нумероваться в виде стойки и машин, находящихся внутри данной стойки. Нумерация будет производиться автоматически операционной системой. Для операционной системы это выглядит как compute-X-Y, где, X - номер стойки, а Y - номер машины внутри данной стойки. Распределение компьютеров по стойкам является необязательным. Все вычислительные узлы могут находиться в пределах одной стойки.

Монитор потребуется только для главного узла, все остальные машины в кластерной системе будут выполнять вычислительную работу.

Далее рассмотрим организацию программного обеспечения вычислительного кластера на базе компьютерного класса.

Организация программного обеспечения кластера.

Новую операционную систему необходимо устанавливать на главном узле кластерной системы, через него и будет происходить настройка. Остальные вычислительные узлы будут загружать операционную систему по сети.

При установке операционной системы на вычислительные узлы кластерной системы необходимо предусмотреть умение сетевых карт персональных компьютеров или компьютерных элементов осуществлять загрузку по сети. Если сетевые карты не способны произвести требуемую загрузку по сети, то необходимо создать загрузочный диск загрузить вычислительные узлы с этого CD диска.

Чтобы установить операционную систему кластера необходимо использовать настройки BIOS для главного узла, в которых будет выбираться способ установки. Остальные вычислительные узлы кластерной системы должны быть настроены так же через BIOS на загрузку через сетевой интерфейс Ethernet в случае, если сетевые карты способны осуществлять загрузку по сети. Если же нет, то возможно использование сменных носителей Live CD /Live USB.

В данной статье рассматривалось и описывалось развертывание вычислительного кластера на базе учебных аудиторий. Создание учебного кластера требует хорошее

теоретическое владение прикладной математикой с практическими навыками её применения. Осознать полную мощь кластера, используя его в производственных целях с доступными компьютерами, не представляется возможным. Однако для ознакомительных и учебных целей данного оборудования будет вполне достаточно. Учебный вычислительный кластер позволит рассмотреть процесс распараллеливания задач, а также научиться правильно его настраивать и подключать. Развертывание кластерной системы будет представлять собой не только образовательные цели, но и являться ценным ресурсом кафедры или всего учебного заведения.

Подводя итог вышесказанному, проект кластера на базе персональных компьютеров компьютерного класса является относительно несложной задачей, которая разбивается на несколько последовательных этапов, а также не требует огромных финансовых и временных затрат. Данное развертывание кластера так же актуально для компаний, которые участвуют в поиске компьютеров, способных вычислять большой объем данных достаточно быстро, а также заинтересованы в экономии и хорошей эффективности.

Библиографический список:

1. Бурук А.Ф. Кластерный проект: понятия, типология, подходы к моделированию / А.Ф.Бурук, Д.Д.Котелкин, Л.С.Марков // Мир экономики и управления. - 2018. - Т.17, N 3. - С.132-142
2. Ечмаев А.И. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЙ // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013005909> (дата обращения: 02.03.2022)
3. Методические материалы по созданию промышленных кластеров / В.Л. Абашкин, С.В. Артемов, Е.А. Исланкина и др.; Минпромторг России, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2017. – 80 с. – (Научно-методические материалы). – 250 экз. – ISBN 978-5-7598-1581-5 (в обл.).
4. Попов Е. Институциональная компонента в развитии кластерных образований / Е.Попов, В.Симонова, Д.Казакова // Пробл. теории и практики управл. - 2016. - N 10. - С.23-34.

УДК 004.358

Разработка системы навигации с использованием дополненной реальности

Валеева Д.А., Гафарова О.О., Николенко Т.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

В современном мегаполисе горожане при посещении крупных объектов довольно часто встречаются с проблемой поиска необходимого места. Например: магазина, аудитории, павильона и т.д. На поиски нужной дороги посетители тратят очень много времени и энергии, так как сталкиваются с тем, что сигнал GPS и Wi-Fi работает очень плохо или вообще отсутствует. Поэтому разрабатываемое нами приложение будет востребовано.

В настоящее время основными сервисами, обеспечивающими геолокацию, являются GPS и Wi-Fi-сети, однако, архитектура больших инфраструктурных объектов города выступает как «глушитель», мобильный интернет и соединение, посредством GPS работают нестабильно. Поэтому возникла проблема ориентирования в протяженном по площади объекте, типа торгового центра в ситуации отсутствия Интернет-соединения. [1]

Теоретически для осуществления навигации по значительным по площади объектам города используется такой программный продукт, как навигатор.

Цель работы:

Разработка приложения для оптимизации перемещений внутри больших объектов с использованием дополненной реальности.

Задачи:

- 1) Изучить теоретический материал.

- 2) Сделать сравнительный анализ аналогов навигационных систем.
- 3) Изучить возможности реализации дополненной реальности.
- 4) Разработать навигационную систему на основе дополненной реальности.

Современные технологии позволяют реализовать геолокацию с помощью навигация по уже привычной всем 2D карте и навигация с использованием дополненной реальности (рис. 1).



Рисунок 1 – Пример работы инструментов дополненной реальности

Преимуществами дополненной реальности являются:

Отсутствие необходимости использования GPS связи или Интернет

- Положительная пользовательская User Story, имиджевый рост
- Наглядное представление маршрута движения;
- Рекомендации об улучшении взаимного расположения внутренних объектов

торгового центра;

Использование дополненной реальности в системах навигации исключает необходимость GPS или Wi-Fi соединений.

Существует множество способов реализации геолокации с AR технологиями. Мы же решили остановиться на реализации дополненной реальности с использованием меток. При наведении телефона на метку, приложение её распознает и определяет местоположение для дальнейшей навигации.

Использование дополненной реальности в системах навигации исключает необходимость GPS или Wi-Fi соединений. и позволяет пользователям с помощью наведения камеры смартфона и получения метки объекта внутренней инфраструктуры получить информацию об интересующем его объекте, определить свое местоположение и построить оптимальный маршрут до следующей точки назначения.

В качестве приложения, обеспечивающего реализацию механизма дополненной реальности, было выбрано программное решение от компании Qualcomm – Vuforia. На сайте и указанном сервере хранится метка после ее создания.

В данном сервисе база данных, может быть, 3-х видов:

- Device (Локальная база данных),
- Cloud (База данных, хранящаяся в облаке)

- VuMark (Особая база данных, в которой хранятся особые метки, называемые VuMark, которые представляют из себя изображения, напоминающие штрихкод. VuMark используется прежде всего для того, чтобы создавать метки, отдаленно напоминающие бренды и распознавать эти бренды).

В локальную и облачную базу данных можно добавить следующие метки:

Add Target

Type:

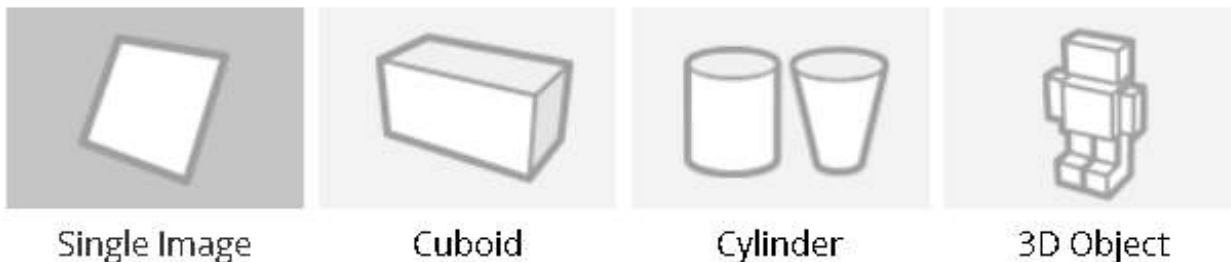


Рисунок 2 – Добавление метки

Single Image – простое изображение. Может из себя представлять все что угодно. Однако нужно учитывать, что для корректного распознавания изображения оно должно соответствовать определенным требованиям.

Cuboid – куб. Представляет из себя куб, на каждой стороне которого находится метка вида простое изображение.

Cylinder – цилиндрическая метка. Простая метка формируется в фигуру цилиндра.

3D Object – особая метка, которая создается с помощью мобильного приложения Vuforia Object Scanner и которая отображает предмет реального мира (игрушечная машинка, чайник и другое)

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
AT1b0A4BF94	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 24, 2021 15:37
nomer2	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 24, 2021 15:19
nomer1	Single Image	★★★★☆	Active	Dec 24, 2021 15:13
teapoc1	Object	n/a	Active	Nov 25, 2021 15:28
teapoc2	Object	n/a	Active	Nov 25, 2021 15:16

Рисунок 2 – База данных

Как можно увидеть каждое изображение обладает рейтингом. Чем выше рейтинг, тем лучше данное изображение будет распознаваться. Для того, чтобы изображение обладало хорошим рейтингом, оно должно соответствовать определенным требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1. – Требования к изображениям для создания меток

Требование	Пример
Богатство деталей	Улица, группа людей, коллажи, спортивная сцена.
Хороший контраст	Изображения со светлыми и темными регионами и хорошим освещением.
Отсутствие повторяющихся паттернов	Изображения должны обладать уникальными чертами, избегайте симметрии повторяющихся паттернов и изображений с малым количеством черт для распознавания.
Формат	8 или 24-bit PNG и JPG размером меньше 2МВ.

Заключение и выводы. Таким образом, размещение таргетированного контента и появление дополнительных каналов продаж, делает использование геолокации с дополненной реальностью востребованной технологией как со стороны заказчика, так и со стороны конечного пользователя, решая при этом проблему геолокации в местах с отсутствием GPS-сигнала, а также в местах с плохим покрытием Wi-Fi-сетями.

Библиографический список:

1. Vuforia Engine Area Targets: дополненная реальность для больших про-мышленных объектов : сайт. – URL : <https://holographica.space/news/ptc-vuforia-engine-area-targets-26702/> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст : электронный.

УДК 004.67

Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных оценок эффективности алгоритмов сортировок числовых массивов

Шабанов А.Н., Николенко Т.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Современный мир – это мир огромного количества оцифрованных данных. Чтобы извлекать из них полезную информацию их нужно уметь быстро и эффективно обрабатывать: упорядочивать, анализировать, проводить поиск скрытых закономерностей (Data Mining) и многое другое. Сортировка, как метод упорядочивания данных является одной из важнейших первичных обработок, поэтому так важно проводить ее максимально быстро с использованием минимальных ресурсов как вычислительных, так и временных.



Рисунок 1. - Data Mining.

Целью исследования явилось изучение практической реализации методов элементарной сортировки и экспериментальное исследование эффективности методов сортировки.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Реализовать и провести тестовые испытания элементарного и эффективного метода сортировки одномерного массива на одинаковых данных.
2. Выполнить отладку и тестирование отдельных операций с помощью меню операций.
3. Выполнить сравнительное тестирование эффективности алгоритмов сортировки для худшего и среднего случаев для массива размером $N=10$, $N=1000$, $N=10000$. Для каждого фиксировать показатели: чисто выполненных сравнений, обменов и времени.
4. Провести анализ экспериментальных показателей – эффективности алгоритмов сортировки.

В сравнительном анализе были рассмотрены алгоритмы элементарной сортировки (или сортировки обменом) и эффективной сортировки (или сортировки слиянием). В качестве критериев оценки предложены следующие показатели:

- Счетчик сравнений в сортировках, как только происходит сравнение чисел счетчик увеличивается на единицу.
- Счетчик замен в сортировках, как только происходит замена чисел счетчик увеличивается на единицу.
- Отсчет времени, занимаемый сортировкой, с помощью вычитания из конечного времени начального.

Массивы, участвующие в тестировании алгоритмов, были проклассифицированы на три категории:

- **Наилучший случай.** За наилучший случай будем выбирать реализацию алгоритма на таком наборе данных, при котором время выполнения алгоритма минимально. Для этого набор данных должен представлять собой множество значений, имеющих определенные внутренние закономерности, в результате чего время работы алгоритма сокращается. Если мы исследуем алгоритм поиска, то набор данных является наилучшим, если искомое значение (обычно называемое целевым значением или ключом) записано в первой проверяемой алгоритмом ячейке. Такому алгоритму, вне зависимости от его сложности, потребуется одно сравнение. Заметим, что при поиске в списке, каким бы длинным он ни был, наилучший случай требует постоянного времени. В общем случае, время выполнения алгоритма в наилучшем случае очень часто оказывается слишком маленьким чтобы можно было достоверно проводить подобный анализ.

- **Наихудший случай.** Рассмотрение и анализ набора данных, представляющих собой наихудший случай для реализации алгоритма, является крайне важным, так как в результате проведенного анализа мы можем получить оценочное значение максимального времени реализации алгоритма. Для алгоритма поиска подобные входные данные — это список, в котором искомый ключ окажется последним из рассматриваемых или вообще отсутствует. В результате может потребоваться N сравнений, где N – размер массива входных данных.

- **Средний случай.** Анализ среднего случая является самым сложным, поскольку он требует учета множества разнообразных деталей. В основе анализа лежит определение различных групп, на которые следует разбить возможные входные наборы данных. На втором шаге определяется вероятность, с которой входной набор данных принадлежит каждой группе. На третьем шаге подсчитывается время работы алгоритма на данных из каждой группы. Время работы алгоритма на всех входных данных одной группы должно быть одинаковым, в противном случае группу следует разбить на подкатегории.

По результатам проведенного эксперимента были построены диаграммы сравнительного анализа исследуемых методов сортировки числовых массивов, представленные на рис. 2 и 3.

Проанализировав результаты проведенного эксперимента, можно сделать вывод: экспериментальная оценка эффективности теоретической части соответствует практической. Сравнительный анализ сортировок показывает, что на маленьких объемах данных сортировка обменом работает более эффективно. Сортировка слиянием же более эффективна на больших объемах данных чем на маленьких, однако, эксперимент показал, что для корректной работы ей необходимо выделять дополнительное дисковое пространство, чего не нужно для первой сортировки.

	Лучший	Средний	Худший
Кол-во сравнений	7	14	56
Кол-во обменов	0	2	28

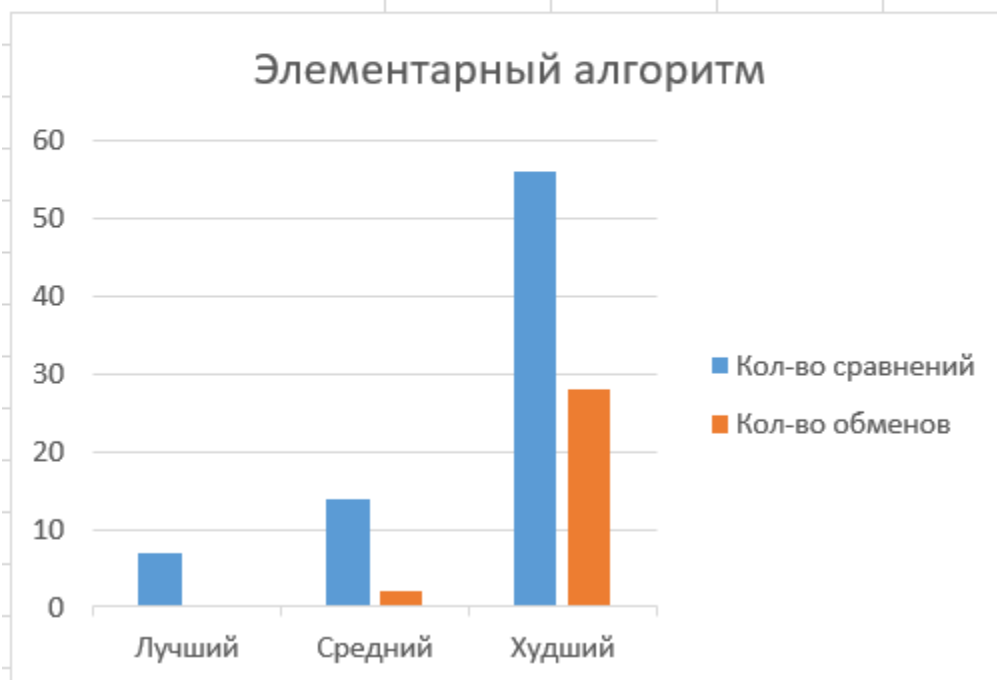


Рисунок 2 – Число обменов и число сравнений для лучшего, худшего и среднего случаев для элементарного алгоритма сортировки.

	Лучший	Средний	Худший
Кол-во сравнений	12	14	17
Кол-во обменов	31	31	31



Рисунок 3 – Число обменов и число сравнений для лучшего, худшего и среднего случаев для эффективного алгоритма сортировки.

Библиографический список:

1. Основные виды сортировок и примеры их реализации / И.А. Шишков // Текст электронный, URL: <https://academy.yandex.ru/posts/osnovnyye-vidy-sortirovok-i-primery-ikh-realizatsii> сайт Академия Яндекса (официальный сайт), дата обращения: 11.03.2022.
2. Описание алгоритмов сортировки и сравнение их производительности // Текст электронный, URL: <https://habr.com/ru/post/335920/> сайт Хабр (официальный сайт), дата обращения 11.03.2022.

УДК 004.753

Выбор архитектуры учебного кластера

Крутецкий Е.С., Соловьёв С.Е., Дворецкая П.С.

Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В нынешнее время с каждым днём появляется всё больше новых приложений и сервисов. Актуальность этих приложений и сервисов постоянно меняется, но те сервисы, которые пользуются большой популярностью должны предоставлять пользователям непрерывный доступ и беспрецедентную надёжность своей системы. В начале развития интернет технологий, множество сервисов находилось на сервере, который работал круглые сутки и предоставлял доступ к сервису, но с увеличением численности пользователей, одного сервера стало не хватать, в связи с этим стали использовать «кластер – сервера».

Кластер сервера представляет собой определённое количество серверов, объединённых между собой высокоскоростными каналами связи, но работают они совместно для выполнения общих задач, и предоставляют пользователю единую систему. Данное решение позволяет значительно увеличить производительность системы и улучшить её надёжность. Используются такие системы в основном для увеличения вычислительных и хранимых мощностей. Суть таких систем в распараллеливании решения задач путём нагрузки отдельных ядер разными задачами. Главной задачей кластера является ускорение решения математических и не только задач, путём распараллеливания задачи между всеми узлами кластера. В настоящее время, когда кластеры получили более народное и масштабное применение, они разделились на две группы: кластеры с общей и распределённой памятью

В связи со стремительным научным и техническим прорывом в создании микропроцессоров, многоядерные процессоры практически проникли в каждый дом, и задача распараллеливания не стала такой невыполнимой и затратной. И со временем также появились приложения и сервисы, которые активно пользуются многообразием ядер, что позволяет быстрее и проще выполнять поставленные цели перед компьютером. Но, для образовательных целей, в некоторых учебных заведениях создаются учебные кластеры, состоящие из нескольких компьютеров. На такие кластеры можно установить разное программное обеспечение, которое в корне отличается друг от друга, но для образовательных целей может подойти не каждое ПО. Суть кластера в учебном заведении – показать процесс распараллеливания, как система будет разделять задачу между всеми узлами поровну.

Кластеры по своим возможностям масштабируемости могут значительно увеличить возможности сервиса для большей устойчивости к нагрузке на коммутаторе или шинной архитектуры. Такие сборки являются самыми дешёвыми, за счёт большого распространения комплектующих элементов.

По сборке, кластеры можно разделить на две группы. Где, первая группа, это сборки, которые собираются из комплектующих, которые можно найти в свободной продаже и в достаточном количестве. Плюсами таких комплектующих являются их низкая стоимость и достаточно простое обслуживание, недостатком является низкая производительность. Вторая группа будет более дорогой, так как товары для неё имеют весьма эксклюзивный тип, который

гораздо тяжелее купить в обычном магазине. Плюсом таких комплектующих является намного большая производительность, нежели у первой группы, недостатком является более высокая цена.

Архитектура кластеров.

Кластеры имеют несколько архитектур, всё зависит от вида подключения и настроенного ПО.

Кластеры с системой высокой надёжности. Плюсом такой архитектуры является защита от сбоев. В случае ошибки или сбоя одного из узлов, система отключит повреждённый узел и распределит новую нагрузку равномерно между оставшимися узлами, пользователи системы не заметят ошибок и провисания во время использования системы.

Кластер с системой высокопроизводительных вычислений. Такая архитектура рассчитана для параллельных вычислений. Для данной системы обычно используется большое количество компьютеров, между которыми и будут проводиться вычисления. Сложность такой архитектуры доставляет тот факт, что придётся следить за всеми компьютерами в сети, одновременно управлять ими, предоставлять параллельный и к тому же высокопроизводительный доступ к одному файлу, эти и многие другие неудобства решает установка на всю систему единой операционной системы.

Кластер с системой многопоточности. Наглядным примером такой системы являются web – сервера. Используются они для работы над одним интерфейсом. В таких системах может активно меняться количество компьютеров внутри кластера

Все эти типы кластеров разделены по сути своей условно. Большой разницы нет между этими типами кластеров, по сути, они выполняют одно и то же, и в больших системах, может использоваться множество типов архитектур кластеров одновременно.

Учебно – экспериментальный вычислительный кластер.

В учебном заведении можно собрать кластер из нескольких компьютеров. Главным условием сборки является идентичность комплектующих компьютеров. Например, система состоит из 5 компьютеров, все компьютеры соединены между собой высоко скоростной сетью, в этой сети 4 компьютера будут участвовать в вычислительных процессах, а один выполнять роль вспомогательных функций (управление и сервис).

Вычислительные узлы в кластере можно рассматривать с двух сторон. С одной стороны, узел будет представлять собой отдельный блок, который работает со своей отдельной областью памяти, из общего объёма ОЗУ, в добавок к этому, обмен данными в таком случае происходит при помощи шины, а не благодаря локальной сети. С другой стороны, отдельный блок кластера работает как компьютер с общей памятью.

Программное обеспечение кластера.

Без толкового программного обеспечения, сам компьютер будет представлять собой коробку с микросхемами, которую даже не получится запустить, про кластер можно сказать также, только в кластере присутствует множество компьютеров, объединённых между собой сетью. И без ПО, кластер будет представлять из себя простой набор компьютеров, которыми нельзя управлять как одной, полноценной системой. Именно поэтому, программное обеспечение непосредственно относится к архитектуре кластера, так как это одна из важных его частей.

По своей сути, программное обеспечение для кластеров в общем, отличаются не сильно. Меняется только функционал и языки программирования. Например, программное обеспечение для кластеров от компании Microsoft ориентировано на отказоустойчивость кластера и его ПО.

Кластерное ПО имеет несколько заранее заготовленных сценариев, например восстановление работоспособности после сбоя кластера, а также есть возможность предоставить администратору доступ к настройкам этих встроенных сценариев. Восстановление работоспособности может работать как для всего кластера, так и для отдельных его узлов, а также для отдельных его компонентов каждого компьютера – приложения, дисковые тома и т.д., что будет весьма полезным дополнением для учебного кластера и учебного процесса, этот сценарий будет запущен системой автоматически, сразу же после критической ошибки, и в дополнении ко всему сценарий восстановления может быть запущен администратором или преподавателем, если например, потребуется восстановить элемент компьютера или один из его узлов целиком.

Для образовательного кластера, к примеру может подойти дистрибутив «Rocks Clusters», основанный на открытой ОС «CentOS». Плюсом такого дистрибутива является высочайший уровень поддержки сетевых сервисов кластера. Вдобавок, Linux кластер является более удобным и простым для учебного кластера из-за своего открытого кода, также удобными плюсами будут гибкость и масштабируемость настроек в связи со спецификой операционной системы Linux. Помимо этого, цена на данное ПО более низкая, нежели у компании Microsoft. Дистрибутив «Rocks» является продуктом, который с лёгкостью можно будет найти в сети интернет, а также можно будет найти пособия для обучения по использованию данного ПО. Он включает в себя множество удобных сервисов и внутренних подпрограмм, которую смогут подстраховать и спасти кластер и его компоненты в случае каких-либо непредвиденных ситуаций. Также, эта система обеспечивает:

- Возможность вариантов изменений настроек кластера под определённый тип вычислительной задачи;
- Использование одного комплекта библиотек и компиляторов для всей системы, что позволит переключаться между реализациями библиотек в зависимости от нужд при решении задач, а также вывести это на автоматический уровень;
- Возможность отслеживания состояния всей системы и мониторинг отдельных его компонентов;
- Автоматическую единую установку файловой системы для всего кластера сразу, что позволит стандартизировать обрабатываемый тип данных и обеспечить простоту доступа и обработки данных;
- Обработку очереди и управления выполнением заданий
- Автоматическое создание учётных записей пользователям с разными уровнями доступа;
- Автоматический доступ на каждый узел отдельно, с помощью технологий «SSH» и «RSH»;

Дистрибутив «Rocks Clusters» был выбран для образовательного кластера по нескольким параметрам: во – первых, данная программа не требует на узлах кластера устанавливать такую же операционную систему, что упрощает добавление в кластер новые вычислительные узлы, во – вторых, этот дистрибутив ориентирован на объединения компьютеров относительно небольшого размера (что очень удачно подходит для кластера в учебном заведении), а также не требует серьёзных затрат на моделирование и системное администрирование. Вдобавок ко всему, данный дистрибутив позволяет провести глубокую настройку кластера и основных параметров, и в конечном итоге использовать собранный кластер более эффективно.

В данный дистрибутив встроены пакеты компиляторов Intel, который позволяет писать на C/C++ и Fortran. Данный пакет позволяет самим создать процесс распараллеливания с общей памятью и внедрить его в свой кластер, также этот пакет поддерживает распараллеливание для систем с общей памятью «OpenMP», а для систем с распределённой памятью имеется библиотека «OpenMPI». Также пакет включает в себя собственную реализацию библиотеки линейной алгебры «BLAS». Всё перечисленное дополнительное ПО поставляется по программе «open source software» — это значит, что они свободно распространяются и имеют открытый исходный код, что также положительно может сказаться на изучении ПО для кластеров.

Вдобавок ко всему стоит отметить, что для визуализации полученных результатов имеется математическое программное обеспечение, которое установлено на управляющем узле, что поможет упростить процесс решения математической задачи.

Стоит отметить, что кластер может быть построен на стандартных, одинаковых компьютерах образовательного учреждения, что позволит значительно сократить расходы на его сборку и подключения, нежели бы использовали готовые сборки от ведущих компаний, такие как «Hewlett», «Packard», «IBM» и др. Также, самостоятельная сборка кластера в учебном заведении даст практическое и методическое понимание, процесса сборки и настройки кластера, что положительно скажется на процессе обучения.

Создание и настройка кластера является нетривиальной задачей, но она доступна специалисту как инженеру, так и тому, кто знаком с системой Linux.

В связи с тем, что процесс распараллеливания весьма непредсказуемый, это может внести свои неожиданные технологические правки. В связи с этим придётся для каждой задачи индивидуально подбирать характеристики к каждому узлу кластера, что бы свести к минимуму влияние процесса распараллеливания на систему

Зависимость производительности от вида решаемой задачи достаточно изучена, и чем большую долю занимает вычислительный расчёт по сравнению с обменом данными, тем большую производительность показывает кластер, это стоит учитывать для создания учебного кластера. Дальнейшее увеличение системы приведёт к нехватке доступной оперативной памяти, которая потребуется для хранения данных.

Перспективы учебного кластера и польза от его создания.

Создание учебно – экспериментального вычислительного кластера, может дать множество новых знаний, как со стороны, как происходит процесс распараллеливания задач и как это правильно запрограммировать и внедрить, так и со стороны, как именно нужно собирать кластер, как правильно настраивать, что и как именно подключить.

Для создания учебного вычислительного кластера и раскрытия его полного потенциала, потребуется достаточно глубокое теоретическое владение прикладной математикой, а также практических навыков их применения. Но, на сегодняшний день актуальны не только наукоёмкие, но и ресурсоёмкие задачи также набирают популярность поэтому для решения этих задач, потребуются фундаментальные знания в области физико – математического образования и вдобавок к этому, ещё потребуется подготовка в области высокопроизводительных вычислениях.

Также, польза от создания экспериментального кластера, это, проведение ресурсоёмких, исследовательских, математических, физических и технических расчётов при решении различных задач и наблюдение за тем, как будет вести себя система целиком, а также обучение студентов, в рамках специализированных вычислительных практикумов, для этого могут применяться как встроенные пакеты, так и пакеты собственной разработки.

Таким образом, учебно – экспериментальный кластер представляет ценность не только в качестве объекта для обучения, но и вдобавок, представляет собой весьма ценный самостоятельный ресурс кафедры.

Библиографический список:

1. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
2. Гергель В. П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 423 с.
3. Корнеев В. Д. Параллельное программирование в MPI. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 220 с
4. Processors — Intel microprocessor export compliance metrics // Intel Corp. Site. 2006. URL: <http://www.intel.com/support/processors/sb/cs-023143.htm> (дата обращения 10.03.2022).

УДК 004.738.5

Изучение рисков концепции интернета вещей

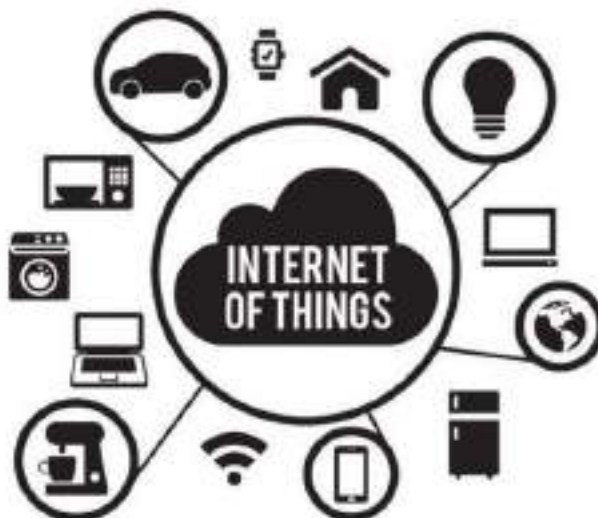
Стрельников Е.В.

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия

Интернета вещей – это способность собирать данные с помощью датчиков и передавать их через Интернет, однако нельзя утверждать, что сбоев при создании такой системы не будет, поэтому необходимо иметь представление, какие последствия могут оказать те или иные сбои в работе системы интернета вещей.

Интернет вещей – это не поразительное изобретение, вроде машины для очистки хлопка. Промышленность не будет поймана врасплох в мышеловку, которая сделает производственные системы и продукты устаревшими.

Интернет вещей



Идея интернета вещей состоит совсем не в том, чтобы подключить к интернету все вокруг. **Задача** — автоматизировать процессы и научить подключенные к сети предметы обмениваться информацией. **Как?** Через различные датчики, встроенные или подключенные к объектам. **Зачем?** Чтобы объекты сами «принимали решения» и действовали без участия человека.

Рисунок 1 – Интернет вещей

Термин «Интернет вещей» не новый. Он был введен еще в 1999 году британским пионером технологий Кевином Эштоном, который тогда работал помощником бренд-менеджера в компании Procter & Gamble.

Интернет вещей происходит из сегодняшнего Интернета, путем создания всепроникающей и самоорганизующейся сети связанных, идентифицируемых и адресуемых физических объектов, позволяющих осуществлять разработку приложений через ключевые вертикальные отрасли за счет использования встроенных чипов, датчиков, приводов и недорогой миниатюризации. Иными словами, Интернет вещей не полагается в своем существовании только на компьютеры. Скорее всего, каждый объект, даже человеческое тело, может стать частью Интернет вещей, при наличии определенных электронных частей. Эти части, конечно, варьируются в зависимости от функций объекта. Они делятся на две большие категории: 1) объект должен быть в состоянии собирать данные, как правило, через датчики; и 2) объект должен иметь возможность передавать эти данные в другое место через Интернет. Поэтому датчик и подключение являются двумя основными электронными составляющими объекта Интернета вещей.

Во многих отношениях возможности Интернета вещей ограничены только нашим воображением. Особенно если учесть, что все данные проходят незамеченными, и то, что Интернет вещей позволяет нам, наконец, собрать их и использовать так, как не удавалось человечеству в течение многих лет.

Но бизнес не может позволить себе инвестировать в различные инновации без предварительного понимания основных рисков, присущих любой системе, подключенной к Всемирной паутине. С того дня как был включен первый компьютер нельзя отрицать, что зависимость от технологий может привести к сбоям, как крупным, так и незначительным. Мы не можем утверждать, что сбоев не будет поэтому необходимо иметь представление, какие последствия могут оказать те или иные сбои в работе системы интернета вещей.

Безусловно, возможности превосходят риски. Тем не менее необходимо осознавать, что на каждую проблему, которую решает Интернет вещей, есть еще одна проблема, которую он создает. Перечислим три самых больших риска, которые приходят с развитием технологий Интернета вещей.

Конфиденциальность. Сегодня в мире миллиарды датчиков постоянно получают данные о своем окружении, которое включает людей, то проблемы конфиденциальности имеют огромное значение. Большинство развитых стран мира предприняли попытки защитить потребителей от незаконного использования конфиденциальной информации. Но во многих случаях законы не являются универсальными для регулирования огромного количества новых способов, благодаря которым личная информация накапливается и используется. На ранней стадии развития Интернета потребители познакомились, с таким отслеживающим программным обеспечением, как cookie. Так как не было никаких конкретных законов, ограничивающих использование их веб-сайтом с целью отслеживания поведения пользователя при просмотре страницы, многие компании просто использовали их, не беспокоясь о мнении пользователей. И только поисковые компании ответили на беспокойство граждан и их потребность в инструментах, которые ограничивают использование cookie и удаляют их после посещения того или иного сайта. Вопросы конфиденциальности распространяются и на рабочее место. Существует много программ, которые позволяют работодателю отслеживать поведение сотрудника, как правило, с помощью его компьютера. Благодаря Интернету вещей встроить датчики можно практически в каждый угол офиса, чтобы контролировать действия персонала. Некоторые компании так и делают, что вызывает возмущение пользователей.

Кибербезопасность. Кибернарушения являются серьезной угрозой для бизнеса сегодня. Согласно некоторым оценкам, ежегодно киберпреступность обходится предприятиям в 400 млрд долларов США. Наиболее тревожно с точки зрения Интернета вещей то, что киберпреступники легко взламывают якобы безопасные системы с несколькими уровнями защиты. Сложность с обеспечением безопасности устройств Интернета вещей – это область, требующая улучшений. Вопросы безопасности устройств на технологиях Интернета вещей особенно актуальны в рамках подготовки к появлению экосистемы Интернета вещей, когда миллиарды объектов будут подключены к Интернету и соединены между собой. Любое устройство с доступом в Интернет является потенциальной точкой входа для хакера. Город, который строит умную систему электроэнергии, может ощутить масштабы возможной экономии от того, как система упрощает поиск и устранение неисправностей. В то же время сама система дает потенциальному хакеру возможность легко остановить электропитание всего города при помощи компьютера. Иными словами, хакер-террорист может использовать систему в своих личных целях. Также, из-за сетевого характера Интернета вещей, когда каждый подключенный объект использует данные других подключенных объектов, есть также риск того, что неисправность может привести к катастрофическому сбою системы. Неисправный объект может передать неправильные данные другому устройству, которое функционирует нормально. А когда некорректные данные распространяются по системе, они начинают заражать все больше и больше систем. Данные примеры подчеркивают новые риски, с которыми столкнутся многие предприятия, когда дело дойдет до кибербезопасности Интернета вещей. В то же время мы можем ожидать, что производители этих устройств будут своевременно повышать меры безопасности, так как огромное количество подключенных объектов растет в геометрической прогрессии.

Ответственность. Когда дело доходит до автономных транспортных средств, таких как автомобили без водителя, мы сталкиваемся с очевидной этической дилеммой: за секунды до аварии должно ли автономное транспортное средство сделать все, что может, чтобы защитить пассажиров, даже если это означает нанесение вреда другим автомобилистам или пешеходам? Когда за рулем находятся люди, сопутствующий ущерб, каким бы страшным он ни был, не представляет большой этической проблемы. Водитель, действующий инстинктивно в чрезвычайной ситуации, может быть признан виновным, если его инстинкт самосохранения заставит его совершить наезд на пешехода, например. Но когда решение принимает машина, может ли пешеход, пострадавший в аварии, подать иск против производителя автомобилей? Может ли водитель подать иск против производителя автомобилей вследствие аварии, в которой он получил травмы? Другие вопросы ответственности возникают, при рассмотрении

право собственности на данные. С миллиардами устройств, которые их собирают, становится не ясно, кто несет ответственность за какие данные, поскольку объекты Интернета вещей функционируют автономно и в сочетании со многими другими объектами.

Не будет преувеличением утверждать, что с использованием устройств Интернета вещей весь мир войдет в новую экономическую эру. Обещания, которые несет данное явление, – это не просто улучшения существующих процессов и экономических моделей. Скорее, они носят трансформационный характер. Экономика Интернета вещей революционизирует способ производства, функционирования и ведения деятельности. Изменения происходят быстрее, чем при любой из предыдущих промышленных революций.

В то же время Интернет вещей может принести значительные трудности во все секторы экономики и для всех отраслей промышленности. И, несмотря на то, что он решает проблемы, которые преследуют бизнес в течение десятилетий, если не веков, он также создает совершенно новые дилеммы, как процессуальные, так и этические. Обеспокоенность по поводу использования персональных данных, кибербезопасности, имущества и ответственности за качество продукции быстро станет так же актуальна, как и возможности Интернета вещей. Поэтому компании должны приступить к внедрению технологий Интернета вещей, если они надеются выжить в долгосрочной перспективе, однако вопрос о надежности и рисках, а также регулирования спорных ситуаций, связанных с реализацией Интернета вещей остается открытым.

Библиографический список:

1. Алексей Лагутенков. [Тихая экспансия интернета вещей](#) // [Наука и жизнь](#). – 2018. – № 5. – С. 38–42.
2. Интернет вещей: эволюция или революция? / Официальный сайт компании American International Group» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aig.ru/>
3. Леонид Черняк. Платформа Интернета вещей [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osp.ru/os/2012/07/13017643>

УДК 622.276:681.518

IT- технологии в нефтегазовой отрасли: умная скважина

Воронин Н.А., Рогачевский И.М.

Научный руководитель - Шилова С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Нефть и газ имеют огромную роль в нашей жизни. В связи с развитием химической промышленности, человек смог создать различные материалы, такие как синтетический каучук, пластмасса, всевозможные виды топлива. Что было бы если человек не стал бы добывать и обрабатывать нефтяную эмульсию?

Тогда, направление мирового развития кардинально бы поменялось. Начиная от изобретения двигателя внутреннего сгорания и заканчивая созданием современных механизмов, для поддержания работоспособности которых нужно топливо и все различные масла.

Конечно, человек нашел бы альтернативные источники энергии, а возможно и планета была бы чище, в связи с отсутствием бурения, эксплуатации и обслуживания нефтедобывающих объектов. Иногда при несоблюдении мер безопасности или при несоблюдении технологии обслуживания, или выхода из строя составляющих нефтедобывающей системы происходят выбросы и разливы нефти. Эти выбросы являются огромной экологической проблемой для нашей планеты и распространяются на огромные территории. Нефть, попадая в грунт пропитывает и отравляет не только почву, но и попадает в подземные воды, что приводит к загрязнению воды и делает ее непригодной для питья. Также такие аварии отражаются и на животных, обитающих в данных окрестностях, не редко бывает, что обитатели местной фауны приходится покидать свои территории, чтобы выжить.

Ежегодное количество разливающейся нефти в России в среднем составляет 19-20 млн тонн в год, а это около 7% добычи. Как же сократить выброс нефти? Для начала стоит усилить контроль над местом добычи “черного золота” и над местами его транспортировки. В этом не легком деле на помощь человечеству приходят современные технологии, а именно “Умная скважина” или “Интеллектуальная скважина”.

В этой статье вы узнаете: что такое умная скважина? Зачем нужна умная скважина? Достоинства и недостатки данной системы? В чем главная задача интеллекта скважины и на что он способен. Какие отечественные продукты существуют на этом рынке, а также стоит ли использовать продукцию местных компаний или лучше обратиться к опыту союзных стран?

Актуальность работы определяется её важностью в данный период времени. В мире, где каждый день добывают нефть, примерно 80 622 000 баррелей в день, нужно своевременно отслеживать огромное количество нефтедобывающих скважин, а главное вовремя реагировать на изменение внутри пласта. В этом помогают системы мониторинга скважины.

Отличительной чертой интеллектуальных систем является передача данных на огромные расстояния, что позволяет удобно вести наблюдение за работой нефтедобывающих скважин через компьютер и лишь раз в смену проводить визуальный осмотр оборудования. В отличие от традиционной скважины не способной принимать решения самостоятельно, умная скважина позволяет с помощью искусственного интеллекта отслеживать состояние как некоторого оборудования, так и условия, и события, происходящие в самой скважине.

Главной характеристикой “интеллекта” является возможность автоматического изменения параметров скважины без участия человека, изменения основываются на собранных данных и прогнозе развития событий под землей.

В 1997 году была создана первая умная скважина в мире, на платформе на месторождении Snorre в Северном море. В России процесс создания и эксплуатации интеллектуальных скважин начался только в 2009 году, на морской платформе «Пильтун-Астохская-Б» проекта «Сахалин-2». В 2018 году в России насчитывалось 15-16 тысяч скважин с элементами современных информационных технологий. К 2030 году планируется увеличить количество умных месторождений до 500, а в 2025 количество умных скважин составит 50 тысяч.

Отечественные умные скважины развиваются и по сей день. Так по словам заместителя директора ИПНГ РАН: «Сейчас в стране создается возможность проведения мониторинга на глубинах 3 тысяч метров, и это действительно фантастический прорыв».

Скважина – цилиндрическая горная выработка, сооружаемая без доступа человека и имеющая диаметр несопоставимо малый с её глубиной.

Умная скважина - скважина, конструктивно объединяющая ряд компонентов для сбора, передачи и анализа данных о добыче и пласте, и способных управлять притоком на отдельных интервалах перфорации в целях оптимизации добычи, без внутрискважинных работ.

Перед интеллектуальными скважинами стоит большая сумма задач по добыче нефти. Принято выделять общие и локальные.

К общим относятся получение правдивой оперативной информации о состоянии каждой скважины, затратах энергии. впоследствии идут обработка, анализ, хранение информации и последующее принятие решения об изменении параметров работы системы «пласт – скважина – насосная установка» по заданным критериям.

К локальным задачам принадлежат управление работы системы «пласт – скважина – насосная установка» и управление работой этой системы, вычисление количества продукции и создание устройств для онлайн регулирования главных рабочих параметров, таких как давления, состояния скважин, обводненности.

При бурении скважин искусственный интеллект позволяет выявлять выход долота за пределы продуктивного слоя еще до того, как об этом сообщат датчики телеметрии. Информация о типе породы и ее свойствах на основании показаний каротажных приборов в процессе бурения поступает с задержкой. В результате выход из коллектора или целевого интервала фиксируются, когда долото ушло от места выхода уже на 15–35 м. Разработанный прототип использует машинное обучение, чтобы оперативно анализировать параметры, поступающие с бурового оборудования, —

уровень вибрации, скорость бурения и вращения ротора, нагрузку на долото. Эти показатели изменяются в зависимости от характеристик пласта, и это позволяет оперативно определить состав породы, не дожидаясь поступления данных с датчиков на самом буровом инструменте. Сейчас программа способна определять три породы с определенным набором признаков — песчаник, глину, карбонизированный песчаник — и тот момент, когда долото переходит из одной породы в другую. Вероятность выявления смены породы с использованием созданного цифрового решения составляет более 70%. Обучение модели продолжается на новых скважинах: с каждой пробуренной скважиной точность становится выше.

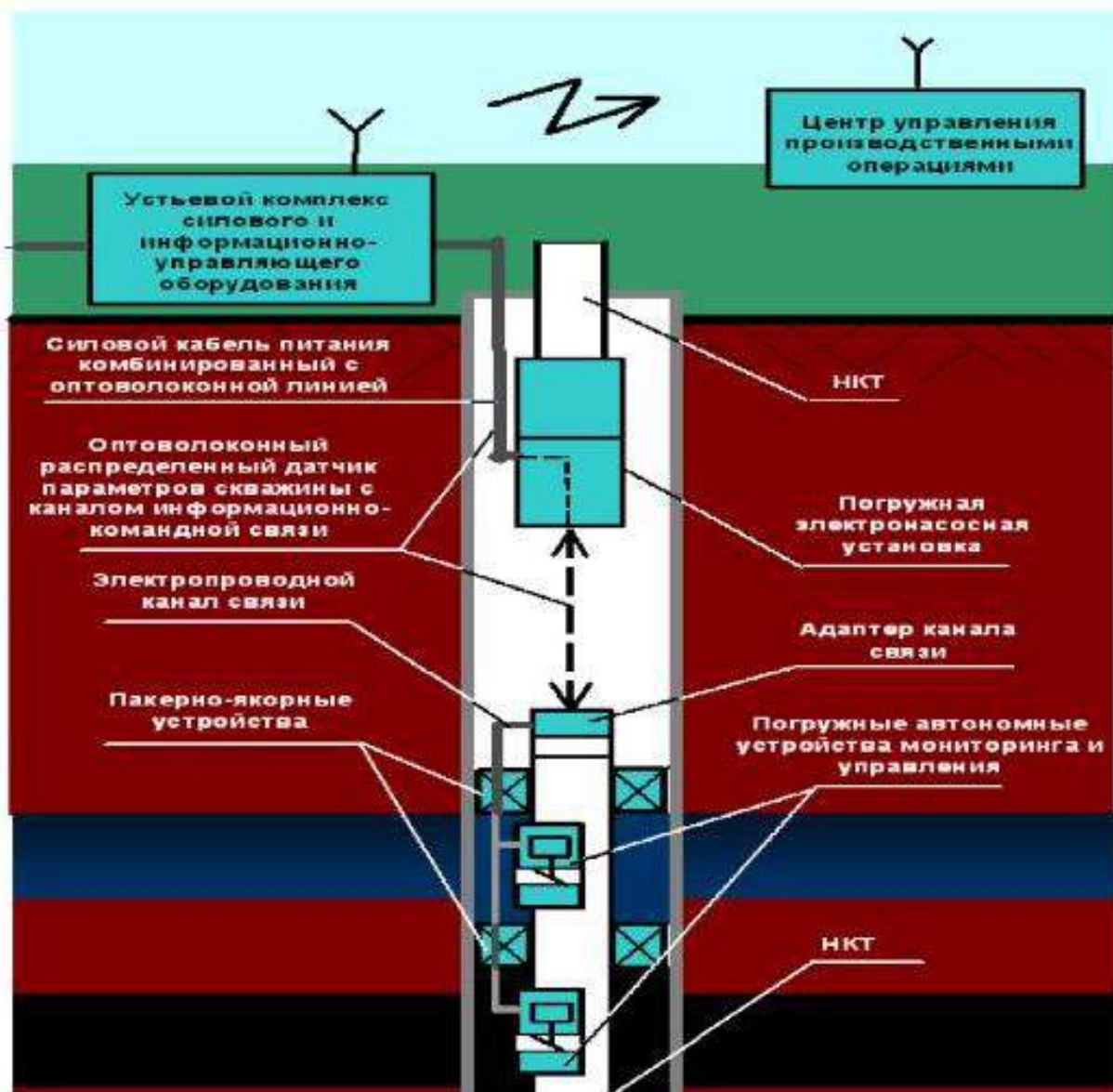


Рисунок 1.— Умная скважина

Скважины часто проходят более одного продуктивного пласта. При разработке только одного пласта добывающие скважины, с характерным порядком вскрытия снизу вверх, осушают этот пласт. Затем устанавливается цементный мост и перфорируется следующая зона вверх по стволу скважины. Данная последовательность приводит к не лучшему способу добычи. Интеллектуальное заканчивание способно с поверхности регулировать добычу из наиболее продуктивного пласта, ускоряет добычу нефти. При малоактивной водонапорной системе, при которой нет приемлемого поддержания давления, изоляция на некоторое время обводняющего проросла с последующим его открытием приводит к дополнительной добыче из

этого интервала пласта. С самого начала все зоны скважины перфорируются, без необходимости повторной операции по обособленности обводненных зон и их реперфорации. В итоге идёт ускорение добычи, которая обеспечивается переключением работающих интервалов на расстоянии. Этот подход приводит к ускорению и дополнительной добыче нефти.

Собранные данные поступают в центрально инженерную технологическую службу, что позволяет оперативно и более полно регулировать работу оборудования. Рабочие службы могут на расстоянии запустить или остановить скважину, настроить её работу. Сотрудники могут реже появляется на объектах. Также в умных скважинах установлена система, которая помогает предотвращать сбои и аварийные ситуации. Система может предсказывать возможные неполадки. Проблема в интеллектуальных скважинах в основном заключается в выборе сенсоров (датчиков).

Проблема при выборе сенсоров:

- надёжность датчиков
- дизайн скважины
- риск при установке
- цена

Оборудование ИС отличается только лишь наличием сенсоров (датчиков). Оно включает в себя ICV (управляющие клапаны), PDHG (забойные измерители) и сенсоры температуры DTS. Плюсом к ICV устанавливаются ICD (забойные управляющие устройства). ICD имеют определённые параметры которые подбираются в зависимости от скважины. Управляющие устройства имеют специальные фильтры для ограничения добычи песка.

Цена заканчивания ИС в результате использования датчиков может возрасти в 4 раза. Сенсоры – ядро интеллектуального заканчивания. Сенсоры бывают внутризабойные и на поверхности обсадных труб. В основном используются сенсоры давления и температуры, в дополнение используются постоянно пишущие датчики давления. Для контроля за поведением скважины в интересующей зоне часто используется несколько забойных датчиков. Данные с одноточечных электрических кварцевых датчиков давления и температуры мультиплексируются и при помощи одного электрического провода передаются на поверхность.

Для контроля за поведением скважины в интересующей зоне часто используется несколько забойных датчиков. Данные с одноточечных электрических кварцевых датчиков давления и температуры мультиплексируются и при помощи одного электрического провода передаются на поверхность.

Однозначно, интеллектуальная скважина одно из самых перспективных направлений в нефтегазовой отрасли, начиная от удаленного сбора данных о нефтяной скважине и заканчивая добычей нефти на шельфе. По экспертным оценкам, умные скважины позволяют снизить себестоимость эксплуатации месторождений примерно на 20%. Именно поэтому нефтяные компании мира вкладываются в этот не дешёвый, но очень полезный и выгодный проект.

Библиографический список:

1. Нефть и связанные с ней проблемы экологии [Электронный ресурс] / neftok.ru : – 2017 год. URL: <https://neftok.ru/raznoe/neft-i-ekologiya.html#zagryazneniya-okruzhayushhej-sredy-pri-neftedobyche> (дата обращения 04.01.2021).
2. Умные скважины: как искусственный интеллект «качает» нефтегазовую отрасль [Электронный ресурс] / vc.ru :– 2004. URL: <https://vc.ru/future/155017-umnye-skvazhiny-kak-iskusstvennyu-intellekt-kachaet-neftegazovuyu-otrasl> (дата обращения 04.01.2021).
3. Интеллектуальная добыча [Электронный ресурс] / magazine.neftegaz.ru : –2000. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pervaya-strochka/346594-intellektualnaya-dobycha> (дата обращения 04.01.2021).
4. Оборудования устья скважин [Электронный ресурс] / cyberleninka.ru : – 2011. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-intellektualnyh-skvazhin-v-sistemah-razrabotki-neftyanyh-i-gazovyh-mestorozhdeniy> (дата обращения 04.01.2021).

СЕКЦИЯ 7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.21

Вероятностные методы в расчетах показателей надежности технических систем

Сазанова Н.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Теория надежности – раздел прикладной математики, в котором рассматриваются задачи определения надёжности системы. Под надёжностью в широком смысле слова понимается способность технического устройства к безотказной работе в течение заданного времени, обусловленного временем выполнения задачи. Одними из основных вопросов, рассматриваемых теорией надёжности, являются понятие надёжности системы, понятие вероятности безотказной работы, понятие отказа, процессы возникновения отказов, методы выявления предотказных состояний.

Математической основой теории надёжности являются теория вероятностей и математическая статистика, поскольку события, определяющие надёжность системы (моменты отказов, длительности ремонта и др) представляют собой случайные события. Надёжность объекта является комплексным свойством, оцениваемым по ряду показателей: безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность. Безотказность – это свойство объекта сохранять работоспособность непрерывно в течение некоторого времени. Показателями безотказности являются: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ.

В расчетах показателей безотказности систем используются в основном математический аппарат таких разделов теории вероятностей, как непрерывные случайные события и алгебра случайных событий.

В теории надежности наибольшее распространение получили такие законы распределения непрерывных случайных величин как, закон Вейбулла, экспоненциальный закон, закон Реллея, нормальный закон (закон Гаусса). Закон Вейбулла является универсальным – при соответствующих значениях параметров (λ, δ) из него вытекают нормальное, экспоненциальное и другие виды распределений. Нормальный закон распределения чаще всего используется для описания постепенных отказов, вызванных «старением» системы в процессе ее эксплуатации. Закон Реллея используется в тех случаях, когда интенсивность отказов не является постоянной величиной, а меняется с течением времени ($\lambda = \lambda(t)$). Экспоненциальный закон распределения используют для прогнозирования надежности системы в тот период, когда постепенные отказы еще не появились и надежность определяется внезапными отказами, вызванными неблагоприятным стечением многих обстоятельств и имеющих постоянную интенсивность ($\lambda = const$). Экспоненциальный закон наиболее часто используется для решения задач теории надежности, связанных с расчетами показателей безотказности системы.

Рассмотрим ряд задач:

Задача 1

Изделие состоит из: 14 маломощных низкочастотных германиевых транзисторов, 4 плоскостных кремниевых выпрямителей, 56 керамических конденсаторов, 168 резисторов типа МЛТ мощностью 0,5 Вт, 1 силового трансформатора, 2 накальных трансформаторов, 6 дросселей и 3 катушек индуктивности. Найти вероятность безотказной работы изделия в течение $t = 260$ ч и среднюю наработку до первого отказа T_{cp} . Данные об интенсивности отказов каждого элемента определены по справочнику [1].

Решение: необходимо вычислить величину интенсивности отказов изделия.

Всего в изделии задействовано 254 компонента.

Интенсивность отказов каждого элемента: $\lambda_{\partial} = N_i \cdot \lambda_i$

$$\lambda_{рез.} = 168 \cdot 0,05 \cdot 10^{-5} = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}.$$

Остальные расчеты аналогичны, итоги расчетов приведены в таблице 1.

Интенсивность отказов изделия: $\lambda_c = \sum_{i=1}^8 N_i \cdot \lambda_i$

$$\lambda_c = 23,89 \cdot 10^{-5} \text{ч}^{-1}.$$

Находим вероятность безотказной работы системы: $P_c(t) = e^{-\lambda_c \cdot t}$

$$P_c(260) = e^{-23,89 \cdot 10^{-5} \cdot 260} \approx 0,94.$$

Наработка на отказ: $T_{\text{ср.с}} = \frac{1}{\lambda_c}$

$$T_{\text{ср.с}} = \frac{1}{23,89 \cdot 10^{-5}} = 4170 \text{ч}.$$

Таблица 1 – Расчет надежности

Наименование и тип элемента	Количество элементов Ni	Интенсивность отказов, 10^{-5}ч^{-1}	$Ni \cdot \lambda_i$, 10^{-5}ч^{-1}
Резистор МЛТ, 0,5 Вт	168	0.05	8.4
Транзистор маломощный низкочастотный германиевый	14	0.3	4.2
Выпрямитель плоскостной кремниевый	4	0.5	2
Конденсатор керамический	56	0.14	7.84
Трансформатор силовой	1	0.3	0.3
Трансформатор накальный	2	0.2	0.4
Дроссель	6	0.1	0.6
Катушка индуктивности	3	0.05	0.15
	$\Sigma=254$		$\Sigma=23,89$

Задача 2

Найдите значение вероятности безотказной работы системы, состоящей из двух последовательно соединенных элементов и одного резервного. Элементы системы могут быть взаимозаменяемыми. А – вероятность безотказной работы 1 элемента, Б – вероятность безотказной работы 2 элемента, R – вероятность безотказной работы резерва. Вероятность безотказной работы элементов известна: $P(A) = 0,9$; $P(B) = 0,8$; $P(R) = 0,95$.

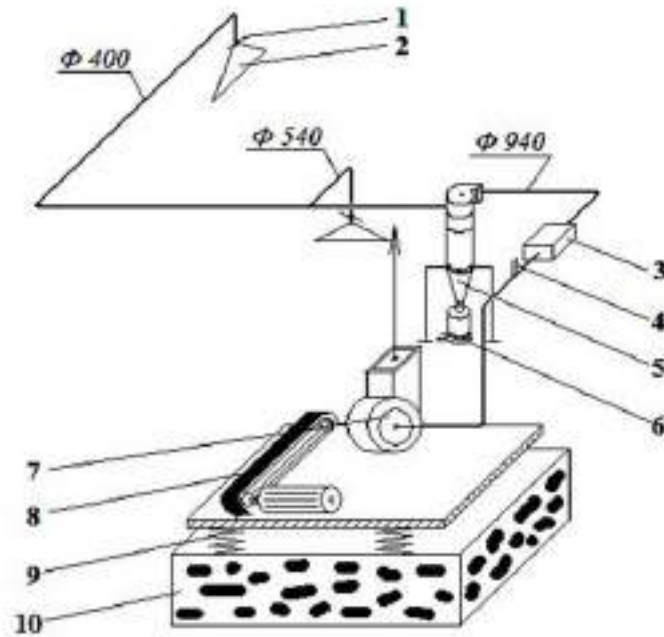
Решение: вероятность безотказной работы системы без резерва $P = P(A) \cdot P(B) = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$. Значения вероятностей состояния системы указаны в таблице 4:

Таблица 4 – Значения вероятностей состояния системы

№ п/п	Состояние системы	Вероятность	Отметка о работоспособном состоянии
1	$A \cap B \cap R$	$0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 0,684$	+
2	$\bar{A} \cap B \cap R$	$0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 0,076$	+
3	$A \cap \bar{B} \cap R$	$0,9 \cdot 0,2 \cdot 0,95 = 0,171$	+
4	$A \cap B \cap \bar{R}$	$0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,05 = 0,36$	+
5	$\bar{A} \cap B \cap R$	$0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,95 = 0,019$	-
6	$\bar{A} \cap B \cap \bar{R}$	$0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,05 = 0,004$	-
7	$A \cap \bar{B} \cap \bar{R}$	$0,9 \cdot 0,2 \cdot 0,05 = 0,009$	-
8	$\bar{A} \cap \bar{B} \cap \bar{R}$	$0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,05 = 0,001$	-
		$\Sigma=1$	0,967

Задача 3

Вычислите вероятность наступления отказа системы аспирации (рисунки 1, 2). В таблице 2 представлен перечень видов отказа системы вентиляции с указанием интенсивности отказов. Данные об интенсивности отказов каждого элемента определены по справочнику [2].



- 1 – дроссельная заслонка; 2 – вытяжной зонт; 3 – фильтр карманный;
 4 – датчик засорения фильтра и работы вентилятора; 5 – циклон;
 6 – датчик засорения циклона;
 7 – вентилятор; 8 – ременная передача; 9 – виброопора; 10 – основание

Рисунок 1 - Схема вентиляционной системы

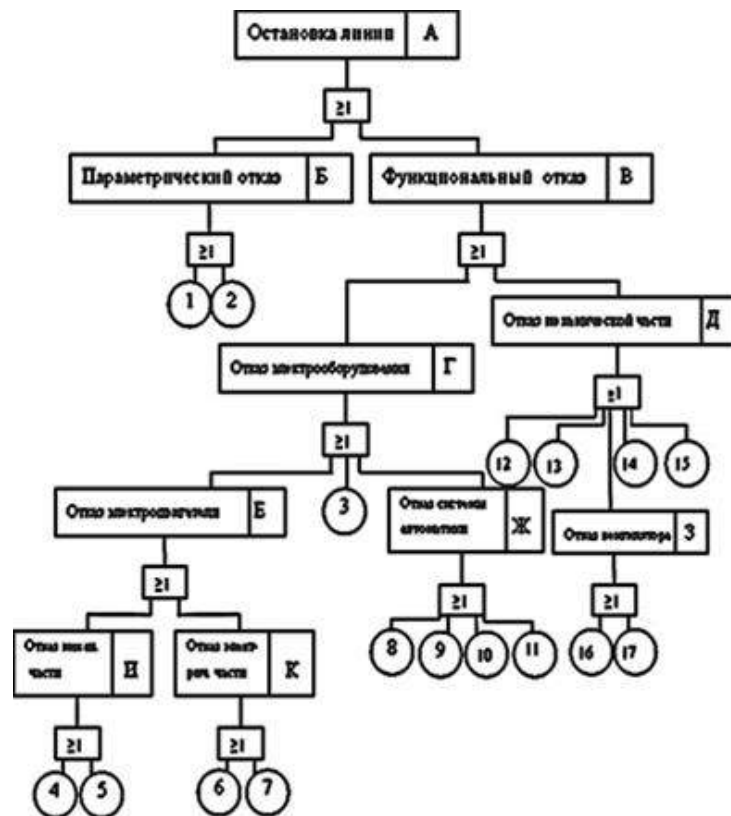


Рисунок 2 - «Дерево неисправностей» вентиляционной системы

Таблица 2 – Перечень отказов системы вентиляции с указанием интенсивности отказов

№ п/п	Наименование отказа	Интенсивность отказа λ , ч ⁻¹
1	Уменьшение давления в воздуховоде	$5 \cdot 10^{-6}$
2	Снижение концентрации пыли	$5 \cdot 10^{-6}$
3	Отказ предохранителя	$5 \cdot 10^{-6}$
4	Выход из строя подшипника электродвигателя	$2,2 \cdot 10^{-6}$
5	Выход из строя крыльчатки охлаждения электродвигателя	$1,1 \cdot 10^{-7}$
6	Межвитковое замыкание обмотки электродвигателя	$3 \cdot 10^{-6}$
7	Обрыв обмотки электродвигателя	$3 \cdot 10^{-8}$
8	Отказ концевого выключателя	$3 \cdot 10^{-6}$
9	Выход из строя пульта управления	$3 \cdot 10^{-7}$
10	Выход из строя сигнализатора засорения карманного фильтра	$5,3 \cdot 10^{-6}$
11	Выход из строя сигнализатора засорения циклона	$3 \cdot 10^{-6}$
12	Выход из строя дроссельной заслонки зонта	$3,4 \cdot 10^{-6}$
13	Изнашивание сальникового уплотнителя	$3 \cdot 10^{-6}$
14	Изнашивание соединения вала и блоков ременной передачи	$0,25 \cdot 10^{-5}$
15	Изнашивание ременной передачи	$3,6 \cdot 10^{-6}$
16	Выход из строя подшипника вала рабочего колеса	$2 \cdot 10^{-6}$
17	Изнашивание постоянной муфты	$2,5 \cdot 10^{-6}$

Решение:

Наработка на отказ вентиляционной системы: $T_0 = \frac{1}{\lambda_0}$,

где λ_0 – интенсивность отказа самого слабого элемента системы.

Самым слабым элементом данной вентиляционной системы является карманный фильтр, поскольку интенсивность отказа у него больше, чем у всех остальных элементов.

$$T_0 = \frac{1}{5,3 \cdot 10^{-6}} = 188679,24 \text{ ч.}$$

Рассчитаем значения вероятностей безотказной работы для звеньев, находим по формуле $P(t) = e^{-\lambda T_0}$ и заносим в таблицу 3:

Рассчитаем вероятности промежуточных событий, приводящих к вершинному событию. появления события.

B – параметрический отказ:

$$P(x) + P(\bar{x}) = 1 \text{ следует, что } P(x) = 1 - P(\bar{x}), \text{ тогда:}$$

$$P(B) = P(\bar{M}_1) + P(\bar{M}_2) - P(\bar{M}_1) \cdot P(\bar{M}_2) = 1 - P(M_1) \cdot P(M_2)$$

$$P(B) = 1 - 0,3839 \cdot 0,3839 = 0,848 .$$

I – отказ механической части электродвигателя:

$$P(\bar{И}) = P(\bar{M}_4) + P(\bar{M}_5) - P(\bar{M}_4) \cdot P(\bar{M}_5) = 1 - P(M_4) \cdot P(M_5)$$

$$P(\bar{И}) = 1 - 0,6602 \cdot 0,979 = 0,353 ,$$

K – отказ электрической части электродвигателя:

$$P(\bar{K}) = P(\bar{M}_6) + P(\bar{M}_7) - P(\bar{M}_6) \cdot P(\bar{M}_7) = 1 - P(M_6) \cdot P(M_7)$$

$$P(\bar{K}) = 1 - 0,567 \cdot 0,994 = 0,436 ,$$

E – выход из строя электродвигателя:

$$P(\bar{E}) = P(\bar{И}) + P(\bar{K}) - P(\bar{И}) \cdot P(\bar{K}) = 1 - P(И) \cdot P(K)$$

$$P(\bar{E}) = 1 - 0,647 \cdot 0,564 = 0,635 ,$$

$Ж$ – выход из строя систем автоматики:

$$P(\bar{Ж}) = 1 - P(M_8) \cdot P(M_9) \cdot P(M_{10}) \cdot P(M_{11})$$

$$P(\bar{Ж}) = 1 - 0,567 \cdot 0,0944 \cdot 0,3678 \cdot 0,567 = 0,8883 ,$$

Γ – выход из строя электрооборудования. Событие может произойти только тогда, когда произойдет хотя бы одно из трех событий E , $Ж$ и M_3 , причем событие M_3 является элементарным:

$$P(\bar{\Gamma}) = 1 - P(E) \cdot P(M_3) \cdot P(\bar{Ж})$$

$$P(\bar{\Gamma}) = 1 - 0,365 \cdot 0,3839 \cdot 0,1117 = 0,984 ,$$

$З$ – выход из строя вентилятора:

$$P(\bar{З}) = 1 - P(M_{16}) \cdot P(M_{17})$$

$$P(\bar{З}) = 1 - 0,689 \cdot 0,623 = 0,573249 ,$$

$Д$ – выход из строя механической части. Событие может произойти только тогда, когда произойдет хотя бы одно из пяти событий 12, 13, 14, 15 и 3, причем события 12, 13, 14, 15 являются элементарными.

$$P(\bar{Д}) = 1 - P(M_{12}) \cdot P(M_{13}) \cdot P(M_{14}) \cdot P(M_{15}) \cdot P(З)$$

$$P(\bar{Д}) = 1 - 0,926 \cdot 0,567 \cdot 0,623 \cdot 0,506 \cdot 0,426751 = 0,959 ,$$

B – функциональный отказ. Событие может произойти только тогда, когда произойдет хотя бы одно из двух событий $Д$ или Γ .

$$P(\bar{B}) = 1 - P(\bar{Д}) \cdot P(\bar{\Gamma})$$

$$P(\bar{B}) = 1 - 0,041 \cdot 0,026 = 0,998 ,$$

A – отказ вентиляционной системы. Событие может произойти только тогда, когда произойдет хотя бы одно из двух событий B или V .

$$P(\bar{A}) = P(\bar{B}) + P(\bar{V}) - P(\bar{B}) \cdot P(\bar{V}) = 1 - P(B) \cdot P(V)$$

$$P(\bar{A}) = 1 - 0,152 \cdot 0,002 = 0,9996 ,$$

Вероятность безотказной работы: $P(\bar{A}) = 1 - 0,9992 = 0,0004 = 4 \cdot 10^{-4}$

Поскольку вероятность безотказной работы $4 \cdot 10^{-4}$, а приемлемой является система с вероятностью безотказной работы ближе к 1, следовательно, данную систему нельзя назвать надежной. Требуется ее замена.

Перечень задач теории надежности, решаемых вероятностными методами достаточно обширен. В данной работе рассмотрена лишь малая часть этих задач.

Таблица 3 – Значения вероятностей безотказной работы для звеньев

№ с/с	Наименование отказа	Интенсивность отказа $\lambda, \text{ч}^{-1}$	Вероятность безотказной работы $P(M_i) = e^{-\lambda T_0}$
1	Уменьшение давления в воздуховоде	$5 \cdot 10^{-6}$	0,3839
2	Снижение концентрации пыли	$5 \cdot 10^{-6}$	0,3839
3	Отказ предохранителя	$5 \cdot 10^{-6}$	0,3839
4	Выход из строя подшипника электродвигателя	$2,2 \cdot 10^{-6}$	0,6602
5	Выход из строя крыльчатки охлаждения электродвигателя	$1,1 \cdot 10^{-7}$	0,979
6	Межвитковое замыкание обмотки электродвигателя	$3 \cdot 10^{-6}$	0,567
7	Обрыв обмотки электродвигателя	$3 \cdot 10^{-8}$	0,994
8	Отказ концевого выключателя	$3 \cdot 10^{-6}$	0,567
9	Выход из строя пульта управления	$3 \cdot 10^{-7}$	0,944
10	Выход из строя сигнализатора засорения карманного фильтра	$5,3 \cdot 10^{-6}$	0,3678
11	Выход из строя сигнализатора засорения циклона	$3 \cdot 10^{-6}$	0,567
12	Выход из строя дроссельной заслонки зонта	$3,4 \cdot 10^{-6}$	0,926
13	Изнашивание сальникового уплотнителя	$3 \cdot 10^{-6}$	0,567
14	Изнашивание соединения вала и блоков ременной передачи	$0,25 \cdot 10^{-5}$	0,623
15	Изнашивание ременной передачи	$3,6 \cdot 10^{-6}$	0,506
16	Выход из строя подшипника вала рабочего колеса	$2 \cdot 10^{-6}$	0,689
17	Изнашивание постоянной муфты	$2,5 \cdot 10^{-6}$	0,623

Библиографический список:

1. Справочник «Надежность электрорадиоизделий».
2. Сборник задач по теории надежности /А. М. Половко [и др]; под ред. А. М. Половко. – М.: Сов. радио, 1972. – 408 с.

УДК 51-75

Треугольник Рёло в машиностроении

Кислицын К.А., Додонов А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В геометрии изучается множество фигур. Нет ни одного человека, который бы не встречался, например, с такой фигурой, как треугольник. И, наверное, если задать вопрос, а какие треугольники бывают, можно услышать – прямоугольный, равнобедренный, равносторонний. Но каждый ли знает, что треугольник может быть и круглый, который называется треугольником Рело. Ему то и посвящена данная работа.

Этот вид треугольника не изучается на занятиях по математике ни в школьной программе, ни в программе вуза, поэтому представляет особый интерес для исследования. К тому же, как студенты направления подготовки «Технологические машины и оборудование», мы задались вопросом, где в машиностроении встречается треугольник Рело. Тем самым в очередной раз хотим проиллюстрировать применение математики в жизни и отдельных ее областях.

Целью данной работы является исследование применения круглого треугольника Рело в повседневной жизни, в том числе в машиностроении. Реализация поставленной цели предусматривает решение следующих задач: изучить теоретический материал по заявленной теме, исследовать основные характеристики и свойства треугольника Рёло, исследовать области применения круглого треугольника, рассмотреть примеры применения треугольника Рело в машиностроении, провести сравнительный анализ двигателей внутреннего сгорания с роторным (деталь форме треугольника Рело) и поршневым механизмом.

Для начала познакомимся с кривыми постоянной ширины. Для определения ширины h замкнутой кривой рассмотрим две параллельные прямые, между которыми расположена данная кривая. Будем сдвигать друг к другу эти прямые до тех пор, пока они не коснутся кривой. Расстояние между полученными параллельными прямыми и будет шириной кривой в направлении перпендикулярном этим прямым (рис.1).

Для разных направлений ширина кривой может быть разной. Если же ширина кривой одинакова по всем направлениям, то она называется кривой постоянной ширины.

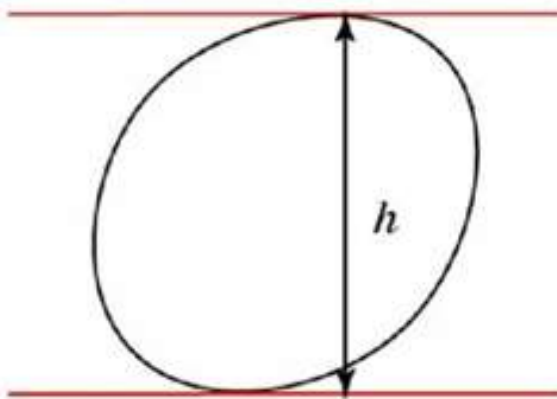


Рисунок 1 - Ширина замкнутой кривой

Наиболее известным примером кривой одинаковой ширины является окружность. Ее ширина равна диаметру. В качестве еще одного примера кривой постоянной ширины можно привести «круглый» треугольник – треугольник Рёло.

Треугольник Рёло – это геометрическая фигура, образованная пересечением трех равных окружностей, с центрами в вершинах правильного треугольника и радиусами, равными его стороне (рис.2).

Название этой «непростой» фигуре дал немецкий механик Франц Рёло, живший с 1829 по 1905 годы. Многие историки сходятся в том, что именно он стал первооткрывателем свойств этой геометрической фигуры. Потому как он первый широко использовал свойства и возможности треугольника Рёло в своих механизмах.

Тем не менее, подобная фигура встречается и раньше, в XV веке: её использовал в своих рукописях Леонардо да Винчи. Примерно в 1514 году Леонардо да Винчи создал одну из первых в своём роде карт мира. Поверхность земного шара на ней была разделена экватором и двумя меридианами на восемь сферических треугольников, которые были показаны на плоскости (рис. 3).

Иные исследователи первооткрывателем этой фигуры признают Леонарда Эйлера (18 век), который уже тогда продемонстрировал возможность его создания ее из трех окружностей.

В качестве основных геометрических характеристик треугольника Рело выделяют следующие:

- 1) если ширина треугольника Рёло равна a , то его площадь (среди всех фигур постоянной ширины у треугольника Рёло наименьшая площадь) равна: $S=1/2(\pi-\sqrt{3})a^2$;
- 2) периметр находят по формуле $p=\pi*a$;
- 3) радиус вписанной окружности определяется из равенства $r=(1-1/\sqrt{3})a$;
- 4) радиус описанной окружности равен $R=a/\sqrt{3}$.

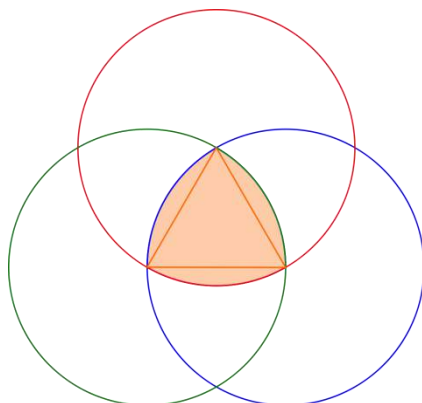


Рисунок 2 - Треугольник Рёло

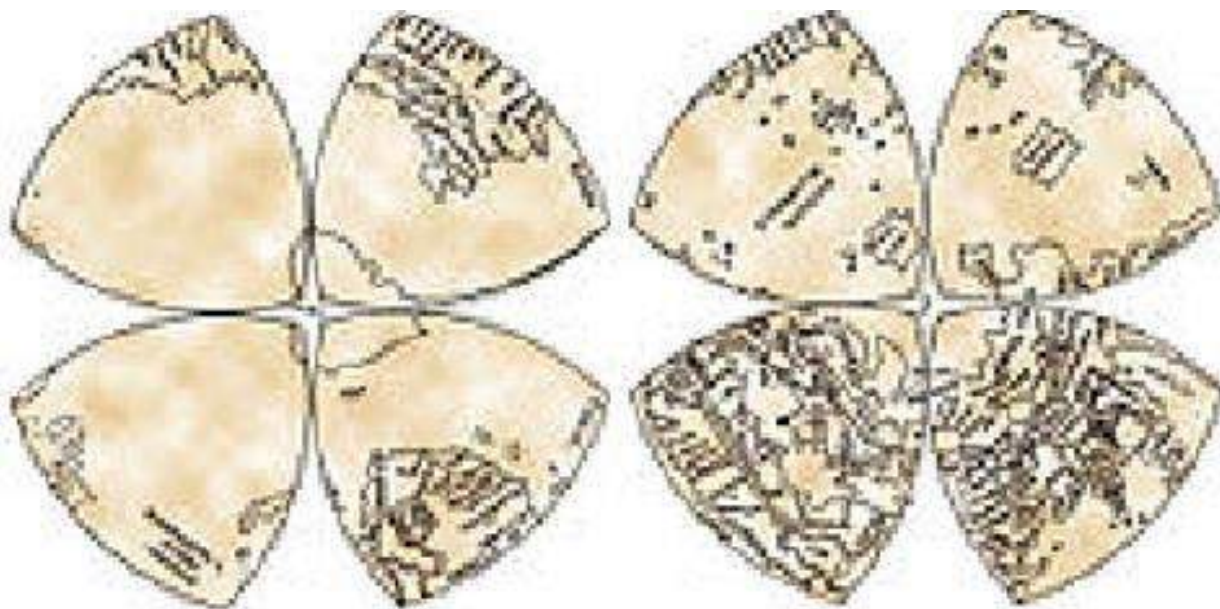


Рисунок 3 - Карта мира Леонардо да Винчи

Перечислим основные свойства «круглого» треугольника.

Треугольник Рёло обладает осевой симметрией. Он имеет три оси симметрии, каждая из которых проходит через вершину треугольника и середину противоположной дуги.

С каждой из своих опорных (параллельных) прямых треугольник Рёло имеет лишь по одной общей точке.

Расстояние между двумя любыми точками треугольника Рёло не может превышать его ширины.

Отрезок, соединяющий точки касания двух параллельных опорных прямых к треугольнику Рёло, перпендикулярен к этим опорным прямым.

Треугольник Рёло, как и любую другую фигуру постоянной ширины, можно вписать в квадрат, в котором треугольник Рёло будет вращаться, постоянно касаясь всех четырёх сторон (рис. 4).

Этот «не простой» треугольник получил широкое распространение в современном мире. В повседневной жизни круглый треугольник можно встретить в окружающих нас предметах таких как: медиаторы для игры на гитаре, гайки пожарного гидранта, грейферный механизм в кинопроекторах, кулачковые механизмы паровых двигателей,

механизмы швейных машин зигзагообразной строчки, графический дизайн некоторых знаков и корпоративных логотипов.



Рисунок 4 - Свойство треугольника Рело

Вот, казалось бы, применить такую нестандартную форму в машиностроении почти невозможно, но детали, имеющие форму «круглого» треугольника, встречается в различных механизмах и агрегатах. Так, например, сверло Уаттса с сечением в виде треугольника Рёло и режущими кромками, совпадающими с его вершинами, позволяет получать почти квадратные отверстия (рис.5). Отличие таких отверстий от квадрата, состоит лишь в немного скруглённых углах. Для сверления он использовал направляющий шаблон с квадратной прорезью, в котором двигалось сверло, вставленное в «плавающий патрон».

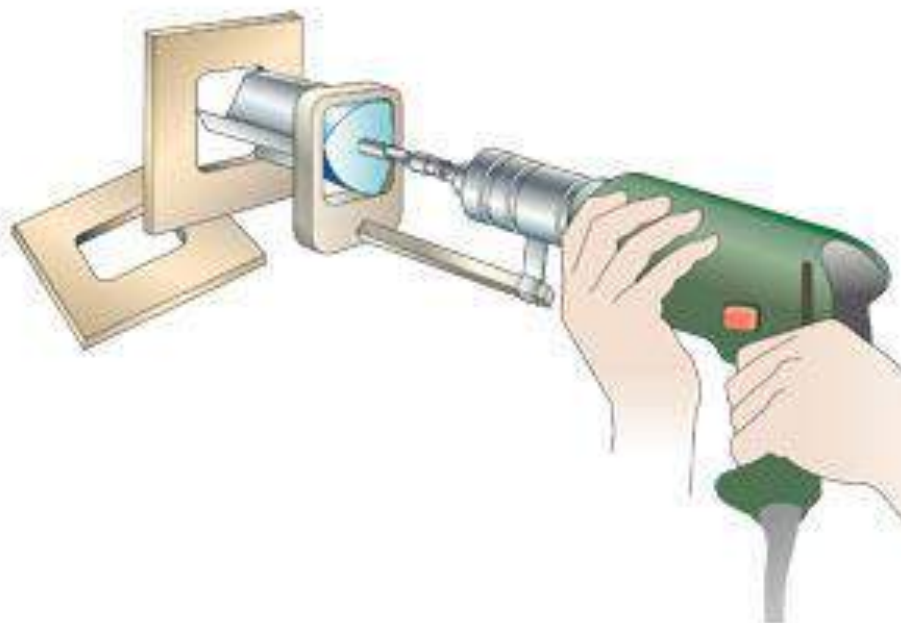


Рисунок 5 - Сверло Уаттса

«Круглый» треугольник встречается и в конструкции одного из двигателей внутреннего сгорания (ДВС) - двигателе Ванкеля. Это простой по техническому решению силовой агрегат. Вместо нескольких поршней с кольцами и шатунами, он имеет один треугольный ротор, посаженный на вал. При этом вал не коленчатый, а эксцентриковый. Камеры сгорания расположены равномерно поочередно по всему кругу вращения ротора.

Двигатель Ванкеля использует четырёхтактный рабочий цикл:

- I. топливно-воздушная смесь через впускное окно поступает в камеру двигателя;
- II. ротор вращается и сжимает смесь, смесь воспламеняется электрической искрой;
- III. продукты горения давят на поверхность ротора, передавая усилия на цилиндрический эксцентрик;

IV. вращающийся ротор вытесняет отработанные газы в выпускное окно.

У ДВС роторного типа, как и у любого другого двигателя, есть свои преимущества и недостатки.

К положительным его сторонам относятся: высокая мощность при относительно малых размерах; более плавная работа с небольшим количеством вибраций, вследствие двигатель выдерживает и быстро раскручивается до высоких оборотов; меньшее количество деталей (примерно на 40%).

В качестве отрицательных сторон можно назвать: большой расход топлива (примерно на 30% выше); большой расход масла, доходящий до 1 литра на одну тысячу километров; небольшой ресурс двигателя (срок службы от 50 до 150 тысяч километров).

Как видим, двигатель Ванкеля — это компактный мощный прихотливый двигатель, у которого есть свои минусы и плюсы. Поэтому было решено провести сравнительный анализ двигателей (роторно-поршневого и бензинового поршневого) с точки зрения выбора наилучшей альтернативы для простого автолюбителя и профессионального гонщика по нескольким характеристикам (табл.1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика ДВС.

Характеристика	Роторно-поршневой ДВС MAZDA 13B-MSP	Роторно-поршневой ДВС ВАЗ-415	Бензиновый поршневой ДВС MAZDA Z6
Масса двигателя, кг	130	113	245
Точный объем, см ³	1308	1308	1598
Мощность двс, л.с.	231	135	105
Крутящий момент, Нм	215	174	145
Разгон 0-100, км/ч	6,40	9	13,30
Максимальная скорость, км/ч	235	180	200
Степень сжатия	10	9,4	10
Тип топлива (цена за литр), руб	60,42	47,52	47,52
Расход топлива на 100 км, л	14	20	8
Расход масла на 1000 км, л	1	1	0,3
Экологический класс (ЕВРО)	4	3	4
Максимальное количество оборотов двигателя, об/мин	9000	7000	8000
Примерный ресурс, км	120000	35000	250 000

Для сравнения был выбран метод простого аддитивного взвешивания, который является одним из самых известных и широко используемых многокритериальных методов теории принятия решений. Этапы метода: 1) формулировка проблемы; 2) задание множества альтернатив; 3) выбор критериев; 4) нормирование критериев; 5) назначение весов критериев;

б) определение рейтинга альтернатив путем умножения нормированных значений критериев на их веса; 7) выбор оптимальной альтернативы.

В качестве альтернатив выбраны три двигателя: два роторно-поршневых отечественного и зарубежного производства (BA3-415 и MAZDA 13B-MSP) и бензиновый поршневой (MAZDA Z6). Сравнение данных альтернатив производится по 13 критериям (табл. 1).

Далее составляем таблицу нормированных значений показателей (табл. 2) по формулам:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} - \text{если критерий максимизируется,}$$

$$P_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} - \text{если критерий минимизируется.}$$

В нашем случае такие критерии, как мощность, крутящий момент, максимальная скорость максимизируются, а масса, разгон от 0 до 100 км., расход топлива минимизируются.

Таблица 2. Таблица нормированных значений показателей

Характеристика	Роторно-поршневой ДВС MAZDA 13B-MSP	Роторно-поршневой ДВС BA3-415	Бензиновый поршневой ДВС MAZDA Z6
Масса двигателя, кг	0,87	1,00	0,00
Точный объем, см ³	1,00	1,00	0,00
Мощность двс, л.с.	1,00	0,24	0,00
Крутящий момент, Нм	1,00	0,41	0,00
Разгон 0-100, км/ч	1,00	0,62	0,00
Максимальная скорость, км/ч	1,00	0,00	0,36
Степень сжатия	1,00	0,00	1,00
Тип топлива (цена за литр), руб	0,00	1,00	1,00
Расход топлива на 100 км, л	0,50	0,00	1,00
Расход масла на 1000 км, л	0,00	0,00	1,00
Экологический класс (ЕВРО)	1,00	0,00	1,00
Максимальное количество оборотов двигателя, об/мин	1,00	0,00	0,50
Примерный ресурс, км	0,40	0,00	1,00

Для более объективного результата вводятся коэффициенты веса каждому критерию в зависимости от его значимости. Сумма коэффициентов удельного веса всех критериев равна 1. Веса были назначены экспертами: простым автолюбителем и профессиональным гонщиком.

Затем нормализованные значения критериев умножаются на коэффициенты веса и определяется оптимальное решение по наибольшему значению рейтинга двигателей. В таблице 3 представлен расчет рейтинга двигателей для профессионального гонщика.

Аналогичные расчеты для простого автолюбителя показали, что бензиновый поршневой ДВС предпочтительнее роторного (0,68 в пользу поршневого ДВС и 0,34 в пользу роторного).

На основе проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что для профессионального гонщика предпочтительнее ДВС роторного типа с учетом выбранных характеристик, а для простого автолюбителя – бензиновый поршневой ДВС

В современном мире есть автомобиль с роторным ДВС. Mazda RX-7 – это единственный автомобиль, на котором серийно устанавливается роторно-поршневой двигатель Ванкеля. RX-7 – это спортивное купе с посадочной формулой "2+2" и приводом на задние колеса.

Таблица 3. Выбор оптимального решения для профессионального гонщика.

Характеристика	Роторно-поршневой ДВС MAZDA 13B-MSP	Роторно-поршневой ДВС ВАЗ-415	Бензиновый поршневой ДВС MAZDA Z6
Масса двигателя, кг	0,06	0,07	0,00
Точный объем, см ³	0,07	0,07	0,00
Мощность двс, л.с.	0,11	0,03	0,00
Крутящий момент, Нм	0,11	0,05	0,00
Разгон 0-100, км/ч	0,11	0,07	0,00
Максимальная скорость, км/ч	0,11	0,00	0,04
Степень сжатия	0,07	0,00	0,07
Тип топлива (цена за литр), руб	0,00	0,04	0,04
Расход топлива на 100 км, л	0,02	0,00	0,04
Расход масла на 1000 км, л	0,00	0,00	0,04
Экологический класс (ЕВРО)	0,04	0,00	0,04
Максимальное количество оборотов двигателя, об/мин	0,11	0,00	0,06
Примерный ресурс, км	0,03	0,00	0,07
Рейтинг	0,85	0,33	0,39

Библиографический список:

1. Анализ многокритериальных методов принятия управленческих решений (на примере задачи выбора поставщиков материально-технических ресурсов). Электронный образовательный ресурс для студентов экономических направлений подготовки / Составители: Кочкина М.В., Карамышев А.Н., Махмутов И.И., Исавнин А.Г., Розенцвайг А.К. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр НЧИ К(П)ФУ, 2017. – 31 с.

Пример применения многокритериальных методов принятия решений

Стрюков П.В., Герберт Д.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире практически каждый человек время от времени попадает в ситуацию, в которой необходимо сделать тот или иной выбор, причем у каждой возможной альтернативы есть свои плюсы и минусы. Выбор оптимального варианта в подобных случаях – далеко не самая очевидная вещь. Именно для решения подобных проблем и разработаны разнообразные методы многоатрибутивного принятия решений.

Цель данной работы заключается в демонстрации применимости разнообразных методов многокритериального принятия решений, для ситуаций, возникающих в повседневной жизни.

Основными задачами данной работы являются: 1. описательное изучение основных методов многокритериального принятия решений (ММПР); 2. выбор ММПР, наиболее оптимальных для повседневного применения; 3. практическое применение данных методов на основе реальной жизненной ситуации; 4. создание программного шаблона, основная цель которого, – создание возможности применения подобных методов без погружения в принципы их работы.

Существует множество ММПР. В случае относительно чёткой формулировки критериев довольно часто применяются такие методы как: SAW, TOPSIS, ELECTRE, АНР. В противном случае используются разнообразные методы на основе нечётких множеств. Подобные методы в некоторых ситуациях имеют ряд преимуществ, однако в большинстве случаев в повседневной жизни критерии сравнения и их данные можно получить довольно точно.

Рассмотрим некоторые разновидности ММПР с чётким заданием критериев:

1. Методы ELECTRE (ELimination Et Choice Translating REality – исключение и выбор, отражающие реальность) появились в середине 1960-х годов. Их основную идею предложил французский ученый – Бернар Руа. Суть идеи заключается в использовании в расчетах индексов согласия и несогласия (это нововведение позволяет сделать показатели сравнимости значительно более чувствительными). У данного метода существует очень большое количество модификаций, зависящих от области применения. Благодаря этому, практически во всех сложных задачах, связанных с мультикритериальным выбором, используется та или иная разновидность данного метода. Тем не менее у всего этого есть вполне очевидный минус: в реальной жизни человеку, не являющемуся специалистом в области многокритериального анализа решений, трудно понять какую из разновидностей использовать и в чём вообще их отличия.

2. Метод анализа иерархий (АНР – analytic hierarchy process). Метод, разработанный в начале 1970-х годов американским учёным Т.Л. Саати. Суть метода заключается в кластеризации совокупности анализируемых данных; построении сети иерархий проблем выбора; нахождение максимизированного собственного вектора путем бинарных сравнений и математического анализа полученных результатов. Данный метод получил распространение в логистике, бизнесе, управлении, оценки качества, и многих других направлениях. Хотя этот метод в упрощенной форме может показаться довольно простым, его применение в реальности очень трудозатратно (хотя во многих ситуациях эти трудозатраты оправданы). В настоящее время существует ПО expert choise, которое направлено на упрощение процесса применения данного метода. Наибольшей популярностью данный метод пользуется в Китае. Там даже выходит научный журнал «Хунцай сан», посвященный проблемам данного метода. Однако обычно на небольших задачах из реальной жизни данный метод не применяется.

Существуют также такие методы как SAW (Simple Additive Weighting) и TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). На наш взгляд они наиболее актуальны для решения относительно простых реальных задач. По этой причине остановимся на них подробнее.

Таблица 1 - Таблица ценностных ориентаций

	процессор	видеокарта	ОЗУ	ПЗУ	цена	объём	часПр	часВд
процессор	1	2	1	1	2	1	2	1
видеокарта	0	1	1	2	1	0	2	1
ОЗУ	1	1	1	1	0	1	1	1
ПЗУ	1	0	1	1	1	1	1	1
цена	0	1	2	1	1	1	2	2
объём в.п	1	2	1	1	1	1	2	1
часПр	0	0	1	1	0	0	1	1
часВд	1	1	1	1	0	1	1	1

И в том, и в другом методе используется вес критериев. Помимо прямого задания для веса критериев есть разнообразные методы его вычисления. Поэтому необходимо определить метод нахождения веса. В обоих методах для определения веса мы будем использовать методом попарных сравнений ценностных ориентаций 4-х экспертов с учетом коэффициента устойчивости (за нормативное значение коэффициента устойчивости возьмём 2,0). Процесс оценки важности альтернатив данным методом будет включать в себя: 1. создание 4-х матриц попарных сравнений; 2. занесение полученных значений сумм из матриц сравнений 4-х экспертов в сводную матрицу; 3. расчёт коэффициента устойчивости экспертного ряда по формуле $K = x_{\max} / x_{\min}$; 4. агрегирование групповой оценки ценностных ориентаций путём вычеркивания одного из значений с целью приведения коэффициента устойчивости ряда к значению, меньшему 2,0 и вычисления среднего арифметического ряда; 5. создание результирующей таблицы при помощи относительного представления (сумма весов в результате должна давать 1).

Прежде чем приступить к подробному описанию выбранных нами методов многокритериального выбора, следует уточнить практическую задачу, на основании которой мы планируем исследовать жизненное применение данных методов. В данной работе мы будем проверять применение данных методов для выбора оптимального ПК. Данный пример выбран нами по ряду причин:

1. Большое количество критериев с удобной системой оценки.
2. Разнообразие альтернатив.
3. Существование множества подобных проблем многокритериального выбора, часто возникающих в реальной жизни.

Перейдём к описанию алгоритма расчёта оптимальной альтернативы методом SAW. В первую очередь строится матрица значений, где x_{ij} – значение критерия c_i , ($C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ где C -множество критериев) для компьютера a_j ($A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, где A -множество доступных альтернатив компьютеров).

Далее матрица нормируется по формулам максимизации – $p_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$ и минимизации – $p_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$ критериев. После чего для повышения объективности каждый элемент матрицы умножается на определенный вес.

Таблица 2 - Пример исходных данных в программе (вес уже посчитан)

	M003 NEO	14IMB05	E326	TG01-2060ur	M010	Zalman N2	ZM-T7	WARD H096	WARD H181	Zalman D	Вес	
процессор	26,2	10,05	10,03	22,50	14,81	26,35	14,75	14,75	19,81	14,75		0,16406
видеокарта	23,79	37,67	23,79	29,29	29,29	52,07	68,34	52,36	29,29	43,93		0,11328
ОЗУ	25	12,5	12,5	25	25	25	25	25	25	25		0,10938
ПЗУ	25	25	25	25	25	25	25	25	50	25		0,12891
цена	64,78	83,33	50,6	80,78	83	88,0	92,2	88,89	98	83		0,125
объем в.п	25	25	25	25	25	37,5	50	37,5	25	37,5		0,10547
часПр	62,86	61,4	61,4	62,86	61,4	64	61,4	61,4	61,4	61,4		0,10156
часВд	64,5	76,65	64,5	74,25	74,25	61,8	80,3	66	74,25	76,5	0,15234	

Наилучшая альтернатива устанавливается по наибольшему значению рейтинга ПК.

Рассмотрим алгоритм расчёта оптимального выбора методом TOPSIS. 1 В первую очередь так же строится матрица значений, где x_{ij} – значение критерия c_i , ($C=\{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ где C -множество критериев) для компьютера a_j ($A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, где A -множество доступных альтернатив компьютеров). После этого матрица нормируется и нормализуется по следующим формулам.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}^2)}}$$

$$\hat{P} = (w_i p_{ij}) = (\hat{p}_{ij})$$

Затем находятся идеально позитивное и идеально негативное решение. И определяется расстояние от альтернатив до идеальных решений. После чего находится относительная близость к идеально позитивному решению. Выбирается альтернатива, для которой значение относительной близости будет ближе к 1.

$$A^+ = (\max(\hat{p}_{11}), \dots, \max(\hat{p}_{1n})) = (\hat{p}_1^+, \dots, \hat{p}_n^+)$$

$$A^- = (\min(\hat{p}_{11}), \dots, \min(\hat{p}_{1n})) = (\hat{p}_1^-, \dots, \hat{p}_n^-)$$

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\hat{p}_1^+ - \hat{p}_{ij})^2}, j = \overline{1, n} \quad S_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\hat{p}_1^- - \hat{p}_{ij})^2}, j = \overline{1, n} \quad P_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-}$$

Таблица 3 - Результат работы программы, реализующей метод SAW

		M003 NEO	14IMB05	E326	TG01-2060ur	M010	Zalman N2	ZM-T7	WARD H096	WARD H181	Zalman D	
Ваш идеальный компьютер:	ZM-T7	процессор	1,0125	0,00513	0,00187	0,78688	0,30062	1,0225	0,29688	0,29688	0,61312	0,29688
	видеокарта	0,01756	0,326	0,01756	0,13978	0,13978	0,646	1,00756	0,65244	0,13978	0,46511	
	ОЗУ	1	0,05846	0,05846	1	1	1	1	1	1	1	
	ПЗУ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	цена	0,14821	0,62385	0,01538	0,95846	0,61538	0,76667	0,85128	0,76641	1	0,61538	
	объем в.п	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0,5	
	часПр	0,62	0,13333	0,13333	0,62	0,13333	1	0,13333	0,13333	0,13333	0,13333	
	часВд	0,18421	0,82568	0,18421	0,89757	0,89757	0,04211	1,01579	0,26316	0,89757	0,81579	
			0,3499835	0,102688	4,618379E-02	0,3537068	0,217589	0,4151865	0,439569	0,2425591	0,3494911	0,3244047

Таблица 4 - Результат работы программы, реализующей метод TOPSIS

		M003 NEO	14iM805	E526	TG01-2060ur	M010	Zalman N2	ZM-T7	WARD H096	WARD H181	Zalman U3
Ваш идеальный компьютер: WARD H181	процессор	0,07418	0,02845	0,0284	0,06396	0,04193	0,07463	0,04176	0,04176	0,05609	0,04176
	видеокарта	0,02056	0,03256	0,02056	0,02532	0,02552	0,045	0,05907	0,04526	0,02532	0,03797
	ОЗУ	0,03752	0,01876	0,01876	0,03752	0,03752	0,03752	0,03752	0,03752	0,03752	0,03752
	ПЗУ	0,03575	0,03575	0,03575	0,03575	0,03575	0,03575	0,03575	0,03575	0,07151	0,03575
	цена	0,03085	0,03968	0,02838	0,03847	0,03952	0,04233	0,04391	0,04233	0,04667	0,03952
	объем в.п	0,02577	0,02577	0,02577	0,02577	0,02577	0,03866	0,05154	0,03866	0,02577	0,03866
	часПр	0,03258	0,03183	0,03183	0,03258	0,03183	0,03317	0,03183	0,03183	0,03183	0,03183
	часВд	0,04342	0,0516	0,04342	0,04998	0,04998	0,0416	0,05406	0,04443	0,04998	0,0516
		0,52858	0,3168	0,2812	0,47977	0,36894	0,52593	0,47146	0,4302	0,5548	0,42759

Для упрощения расчётов было решено разработать программный шаблон, позволяющий рассчитывать: вес критериев методом попарных сравнений; оптимальную альтернативу и при помощи методов SAW и TOPSIS. Ввиду того, что подобная программа должна в первую очередь иметь интуитивно понятный интерфейс и хорошую визуализацию, в качестве среды разработки был выбран VBA. Для реализации программы нам понадобились лишь основные средства языка и формы. Перспективы развития нашей программы – добавление новых методов расчета оптимальной альтернативы; добавление новых средств визуализации (графиков).

Результаты наших исследований показали, что наиболее удобными для решения простейших задач являются методы SAW и TOPSIS; различные методы могут выдавать разные решения. Причинами того, что методы выдают не одинаковые результаты, являются: различие в видах нормализации матрицы, учет значений альтернативных вариантов. В результате можно сделать вывод, что нельзя основываться на одном лишь методе сравнения. Реализация программы на VBA была достаточно удачной идеей в виду того, что сильно упростила работу с графическим интерфейсом программы.

Библиографический список:

1. Подиновский В.В. Идеи и методы теории важности критериев и многокритериальных задачах принятия решений. Москва: Наука, 2019 – 103 с. Текст: непосредственный.
2. Нелюбин А.П. Взаимосвязь качественной и количественной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений // Открытое образование, 2011. Текст: непосредственный.

УДК 531.84

Прочностная оценка работоспособности шестерни с учётом геометрии зуба. Эвольвентное зацепление, зацепление Новикова

Аршинов И.А., Черепанова М.А.

Научный руководитель – Савич В.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Точный и быстрый расчёт запаса прочности всегда был актуальной темой в машиностроении. Неточные результаты расчёта приводят к слому зубьев шестерни, и вследствие возникает потребность в использовании современных программ, одна из которых подробно представлена в статье.

В настоящей работе рассматриваются процессы расчёта зацепления Новикова и эвольвентного, их особенности, изменение запаса прочности при изменении геометрических

параметров зуба. Итогом исследования данной темы стало сравнительная характеристика преимуществ и недостатков этих зацеплений.

Данная тема является актуальной, поскольку зубчатые передачи широко используются во многих механизмах приборов и машин и служат для преобразования вращательного движения ведущего звена во вращательное или поступательное движение ведомого звена с требуемой скоростью. Из-за частых поломок зубьев в условиях перегрузки, а также при большой погрешности расчета возникает необходимость точных вычислений прочностных запасов: по ломке зубьев, при контакте, по коррозии, на изгиб.

Главной целью работы являлось сравнение зацепления Новикова и эвольвенты, с учётом геометрических параметров зуба на запас прочности.

В ходе проведения исследования и сравнения двух зацеплений перед нами были поставлены ряд некоторых задачи, которые требовали более детального изучения и углубления в тему, а именно:

1. Познакомиться с программой Autodesk Inventor Professional 2022, в которой производился расчет прочностного коэффициента по ломке зубьев эвольвенты.
2. Рассмотреть 2 различных вида зацепления: эвольвента и Новикова.
3. Рассчитать прочностной коэффициент по ломке зубьев при различных геометрических параметрах зубчатой цилиндрической прямозубой передачи с 2-мя различными зацеплениями построить графики по полученным данным из расчётов.

Зубчатая передача — это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов.

По форме бокового профиля зубьев различают три вида зацеплений: эвольвентные, циклоидные и Новикова. В данной работе более подробно рассматривается эвольвентное и Новикова, а также их сравнительная характеристика, достоинства и недостатки.

Эвольвентное зацепление — зубчатое зацепление, в котором профили зубьев очерчены по эвольвенте окружности. Позволяет передавать движение с постоянным передаточным отношением. Для этого необходимо чтобы зубья зубчатых колёс были очерчены по кривой, у которой общая нормаль, проведённая через точку касания профилей зубьев, всегда проходит через одну и ту же точку на линии зацепления, называемую полюсом зацепления.



Рисунок 1 – Пример эвольвентного зацепления

Зацепление Новикова, круговинтовое зацепление, передача Новикова — механическая передача, альтернативный эвольвентному тип зацепления, предложенный советским инженером М. Л. Новиковым в 1954 году для зубчатых передач.

Зубья колёс в торцевом сечении очерчены окружностями близких радиусов. Площадка контакта зубьев перемещается не по профилю зуба, как в прямозубом эвольвентном зацеплении, а вдоль него. Угол давления и скорость перемещения не изменяется.

Различают два вида зацеплений Новикова:

- с одной линией зацепления (ОЛЗ) запольные или допольные;
- с двумя линиями зацепления (ДЛЗ) дозапольные.



Рисунок 2 – Пример зацепления Новикова

Autodesk Inventor – это программа для проектирования всех типов изделий промышленного производства на основе их параметров. Характеристики объектов определяют математические модели. Программа доказала свою эффективность в проектировании изделий машиностроения любого уровня сложности.

Студенческие версии Autodesk Inventor, предназначенные исключительно для использования студентами и преподавателями в образовательных целях, доступны для бесплатной загрузки с сайта Образовательного сообщества Autodesk.

Применение программы позволяет значительно сократить затраты на проектирование в среднем на 30-40%.

Исходными изменяемыми данными были геометрические параметры зуба: модуль и угол зацепления. Модули для расчёта взяли от 2 до 16мм с шагом 2мм. Угол зацепления составлял соответственно 14,5 мм, 17,5мм, 20мм, 27мм.

Постоянными параметрами были: межосевое расстояние равно 500 мм, передаточное число - 1,25, 10000 ч работы, основные параметры вращения ведущей и ведомой шестерён также были постоянны и в расчётах были взяты мощность - 5кВт, 1000 оборотов в минуту, крутящий момент 47,746 Н*м, при КПД 98%.

Нагрузка		Зубчатое колесо 1	Зубчатое колесо 2
Мощность	P	5,000 кВт	4,900 кВт
Скорость	n	1000,00 об_мин	804,35 об_мин
Крутящий момент	T	47,746 Н м	58,173 Н м
КПД	η	0,980 бр	

Рисунок 3 – Раздел «Расчёт» в программе Autodesk Inventor Professional 2022

В разделе «Проектирование», находящийся в режиме «сборка» на панели инструментов нам доступен расчёт также на коническую и червячную передачу, но мы выбираем нужное нам цилиндрическое зубчатое зацепление.

После проведённых действий будет доступен генератор компонентов зубчатого зацепления. Здесь задаются геометрические и механические параметры пары зубчатой цилиндрической передачи с эвольвентным зацеплением. В разделе «Модель» мы можем задавать нужный нам: модуль, передаточное число, угол зацепления, межосевое расстояние. А в разделе «Расчёт» можем менять мощность и количество оборотов в минуту, когда введены все параметры, тогда автоматически считается крутящий момент, окружная сила, радиальная сила,

осевая сила, цикл нагружения, окружная скорость, резонансная частота вращения, а также запасы прочности при ломке зуба, при контакте, на изгиб и по коррозии.

На рисунках ниже представлены оба раздела «Генератора компонентов цилиндрического зубчатого зацепления».

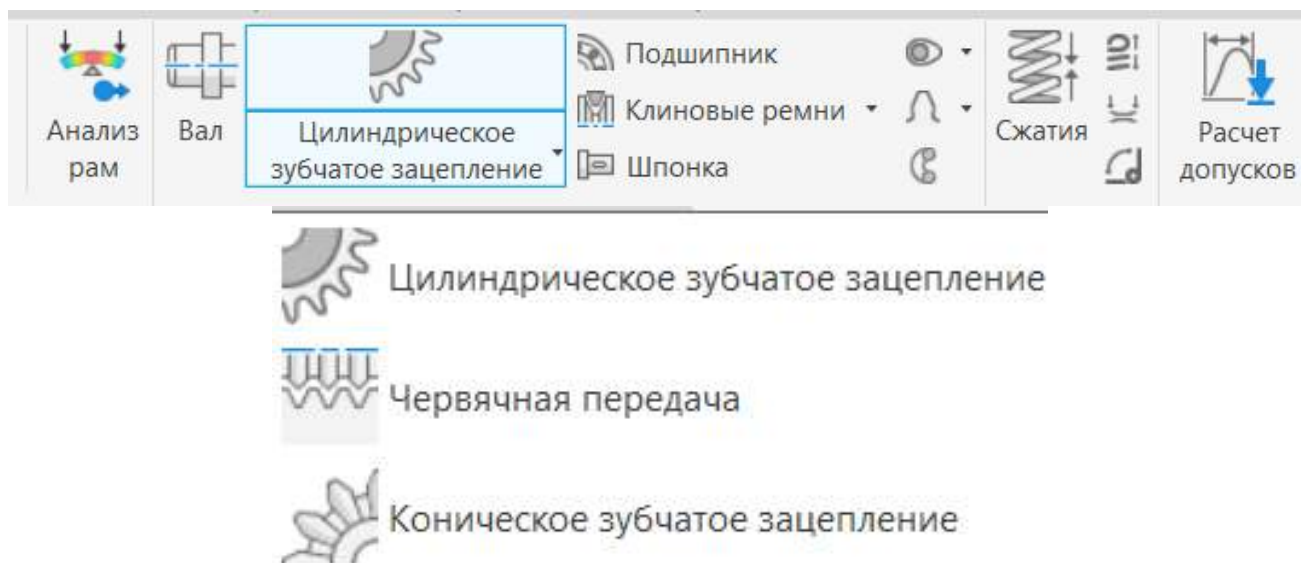


Рисунок 4 – Панель инструментов в разделе «Проектирование»

Результаты	
F_t	214,214 Н
F_r	58,848 Н
F_a	0,000 Н
F_n	222,150 Н
v	23,248 м_с
n_{E1}	1022,986 об_мин
Зубчатое колесо 1	
S_H	3,805 бр
S_F	8,279 бр
S_{Hst}	3,208 бр
S_{Fst}	18,374 бр

Рисунок 5 – Таблица полученных результатов

По полученным результатам нами были построены графики зависимости.

На рис. 8 представлена зависимость запаса прочности от различных модулей при определённых углах зацепления эвольвенты: 14,5; 17,5; 20; 27 градусов. Можем наблюдать, что чем больше модуль и угол зацепления тем выше запас прочности при ломке зуба.

Использование программы Autodesk Inventor применялось нами только для расчета прочности эвольвентного зацепления. К сожалению, данное приложение не предусматривает расчёт прочностного коэффициента по ломке зуба в зацеплении Новикова, который был рассчитан нами вручную.

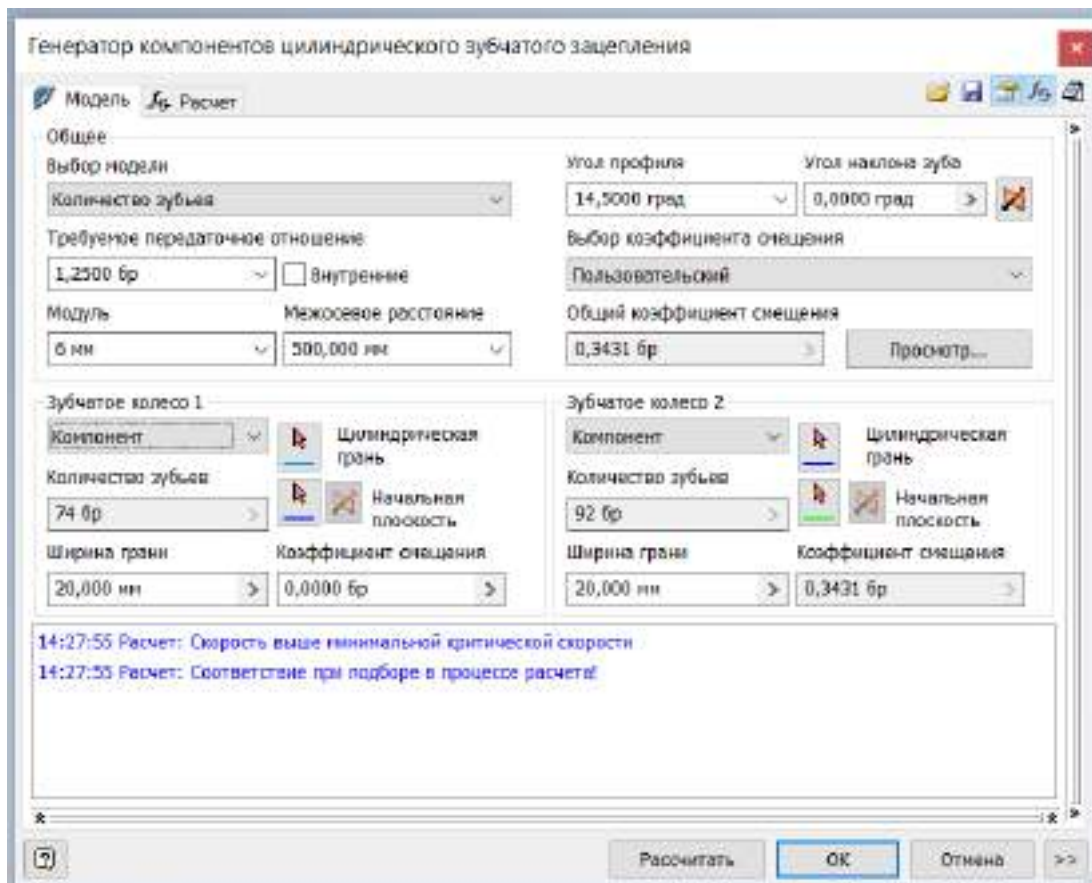


Рисунок 6 – Раздел «Модель»

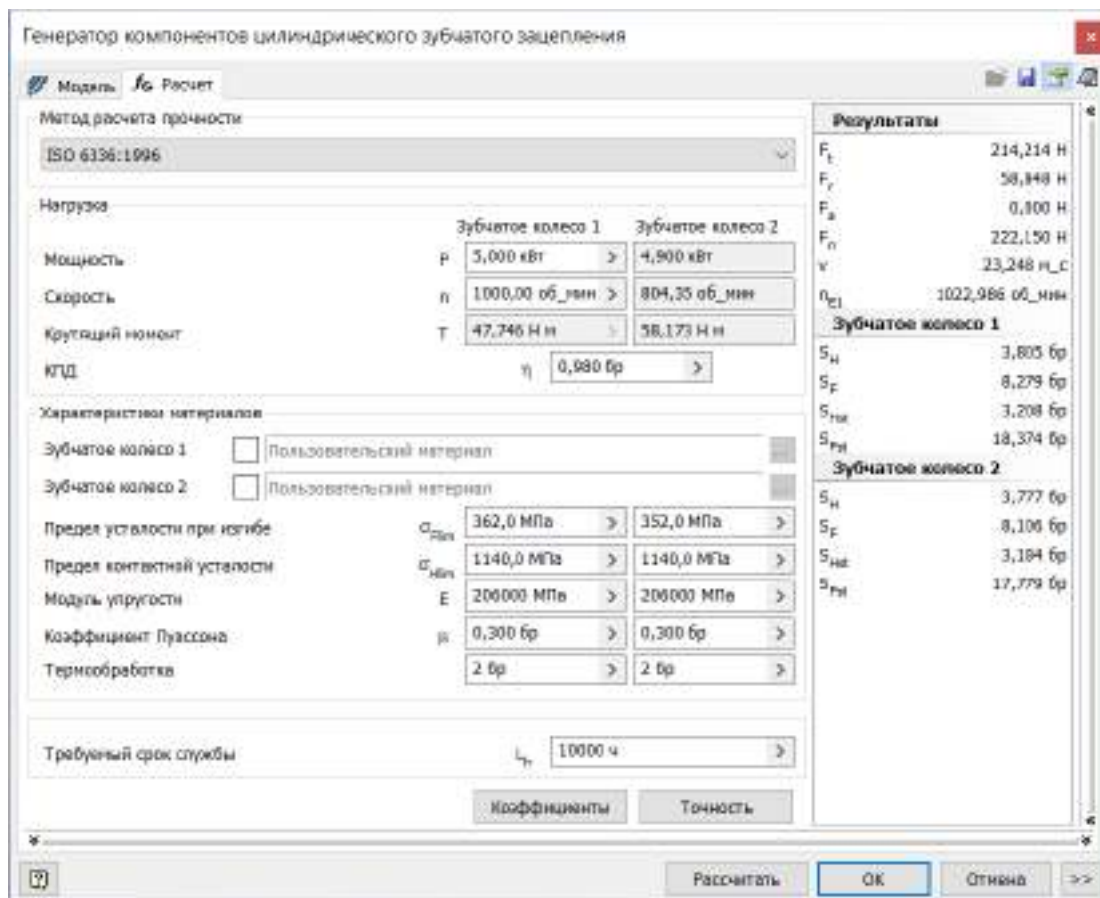


Рисунок 7 – Раздел «Расчёт»

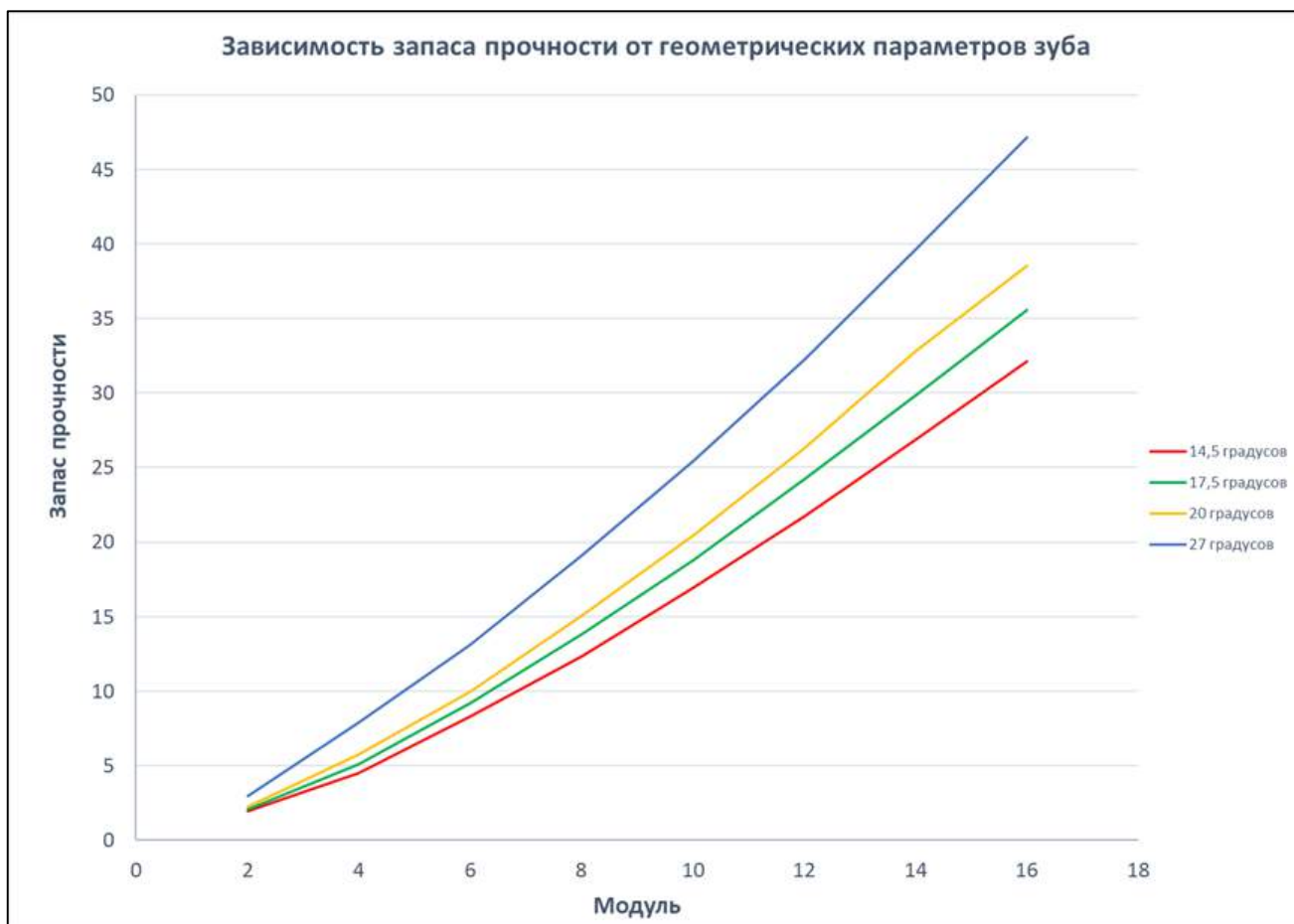


Рисунок 8 – Зависимость запаса прочности от геометрических параметров зуба эвольвентного зацепления

Формулы для расчёта прочностного коэффициента по ломке зуба для зацепления Новикова:

$$\sigma_H = Z \sqrt{F_t * z_1^{1,5} * K_{H\beta} * K_{HV} * K_{\beta u} / (d_1^2 * K_\epsilon)} \leq \sigma_{HP}$$

$$K_{H\beta} = 1,08$$

$$K_{HV} = 1 + 0.004 * (u - 3)^{1,5}$$

$$K_{\beta u} = \left(\frac{u + 1}{u * \cos^3(1,5)} \right)^{0,5} * \operatorname{tg} \alpha$$

Где: σ_H – запас прочности по ломке зубьев.

σ_{HP} – расчётный запас прочности по ломке зубьев.

Z – количество зубьев.

$z_1^{1,5}$ – количество зубьев на ведущей шестерне.

F_t – окружная сила (Н).

d_1^2 – диаметр ведущей шестерни.

K_{HV} – коэффициент динамической нагрузки.

$K_{H\beta}$ – коэффициент поверхностной нагрузки.

$K_{\beta u}$ – 10-22 градуса. Коэффициент поверхности контакта зубьев, зависящий от угла наклона зубьев.

K_{pu} – расчётный коэффициент, зависящий от шага.

K_ϵ – коэффициент распределения нагрузки по площадкам контакта.

u – окружная скорость (м/с).

Модуль		Ft	214,214
Угол	20		
Ke	1,25		
V	23,348		
Kpu	0,60213017		
Khv	1,367149199		
Khb	1,08		
Sh	9,47		

Рисунок 9 – Полученные результаты прочности для зацепления Новикова, рассчитанные по формулам в программе MS EXCEL

На рис. 10 мы видим аналогичную зависимость при том же угле профиля, но в зацеплении Новикова. Можем наблюдать, что чем меньше угол зацепления и больше модуль, тем меньше запас прочности при ломке зуба. Для наглядности сравнения на график добавлена зависимость только для эвольвенты при угле зацепления 27 градусов.

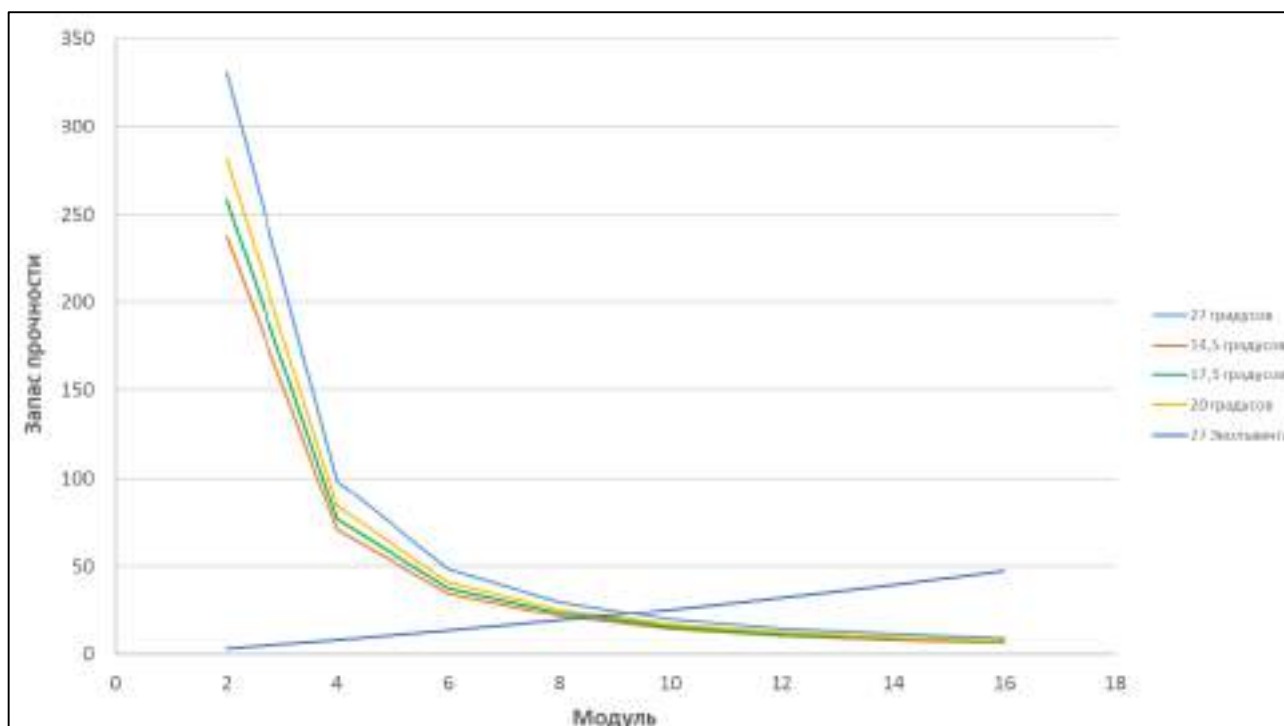


Рисунок 10 – Зависимость запаса прочности зубьев от геометрических параметров зуба зацепления Новикова

Рассмотрим преимущества и недостатки 2 видов зацеплений.

К достоинствам эвольвентного зацепления относят:

- Постоянное передаточное отношение: $U = \text{const}$, $i = \text{const}$. Ошибка в межосевом расстоянии не приводит к изменению передаточного отношения, так как линия зацепления проходит по касательной к основным окружностям;
- Линия зацепления – прямая. При постоянной передаваемой мощности усилия в зацеплении и опорах неизменны как по величине, так и по направлению;
- Изготовление колеса осуществляется с помощью простого инструмента;

- Обеспечивается хорошая плавность и невысокий уровень шума;
- Возможность корректирования (и справления) профилей зубьев при нарезании их с целью использования участков эвольвенты;

- возможность нарезания одним инструментом колес с разными числами зубьев и нарезания зубьев методом обкатки на высокопроизводительных станках, полуавтоматах и автоматах.

К недостаткам эвольвентного зацепления относятся

- Большой износ зубьев из-за трения в месте зацепления зубьев;
- Ослабление зубьев шестерни в случае, когда их должно быть мало, поскольку впадина делается более широкой;

- ограниченная возможность сокращения габаритов передачи, так как наименьшее допустимое число зубьев > 17 (14) при $\alpha = 20^\circ$ и большее скольжение, трение и износ зубьев

Плюсы зацепления Новикова по сравнению с эвольвентным:

- увеличенная нагрузочная способность;
- контактная прочность элементов благодаря применению выпуклых и вогнутых торцевых профилей;

- 5-подвижная кинематическая пара с точечным соприкосновением обеспечивает сниженную уязвимость к погрешностям установки зубчатой передачи в редукторе.

Минусы у передачи с зацеплением Новикова тоже есть. К ним относят:

- зависимость от параллельности осей и межосевого расстояния.
- требовательность к расположению валов, шестерни;
- ограничения скорости вращения шестерен до 1,8 тыс. об/мин;
- осевые напряжения в подшипниковой системе при повышении передаточного числа (решается использованием сложных технически конических узлов);

- сложная конструкция, которая требует привлечения различного инструмента для изготовления элементов зубчатой передачи.

Хотя список недостатков выглядит объемным, все они незначительны в свете главных достоинств зацепления Новикова. Поэтому последнее стандартизовано в РФ, странах СНГ (ГОСТ 15023–76) и нашло большое распространение в крупном машиностроении и производстве мощных редукторов, где требуется работы в большом диапазоне передаточных чисел.

Исходя из выполненных исследований, мы приходим к таким выводам:

1. Расчёт на запас прочности шестерни с эвольвентой сделать намного проще, чем с зацеплением Новикова, потому что программы не предусматривают расчёт второго в силу его нераспространённости.

2. В большинстве случаев необходимо простое, недорогое, не требующее сверхточных расчётов зацепление зубчатых колёс каким и является эвольвентное.

3. Зацепление Новикова не нашло широкого применения из-за сложности расчёта и изготовления данных шестерён. Поэтому применяются в основном там, где нужна устойчивость к очень большим нагрузкам.

Библиографический список:

1. Кожевников, Сергей Николаевич. Теория механизмов и машин [Текст]: [Учеб. пособие для машиностроит. вузов] / Проф. С. Н. Кожевников. - 4-е изд., испр. - Москва: Машиностроение, 1973. - 591 с.: ил.; 22 см.

2. Первицкий, Юрий Дмитриевич. Расчет и конструирование точных механизмов [Текст]: [Учеб. пособие для приборостроит. специальностей вузов] / Ю. Д. Первицкий. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1976. - 456 с.: ил.; 22 см.

Математическая модель двойной пористости

Чувашов Н.А.

Научный руководитель – Кунцев В.Е.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

При построении математической модели и проведении численного моделирования система трещин требует специального подхода, поскольку фильтрация в таких средах обладает специфическими особенностями (рисунок 1). Трещины отличаются большой проницаемостью и оказывают существенное влияние на процессы переноса и течения в пористой среде. При этом следует разделять системы трещин, так как они могут сосуществовать на различных масштабах (микротрещины с размерами в несколько сантиметров, макротрещины, разломы), могут различаться природой их возникновения (естественно-трещиноватые среды, разломы, трещины, возникшие за счет использования технологии гидроразрыва пласта). В случае естественно-трещиноватых пористых сред система трещин является в основном связанной, и для ее моделирования традиционно используют модели двойной пористости и мультиконтинуума. Подобные модели строятся для идеализированной среды и обладают рядом ограничений. Взаимодействие континуумов в таких моделях задается посредством введения функций перетока между матрицей породы и трещинами. Определение этих функций является ключевой проблемой моделей мультиконтинуума, поскольку выбор обменных членов основывается на дополнительных допущениях.

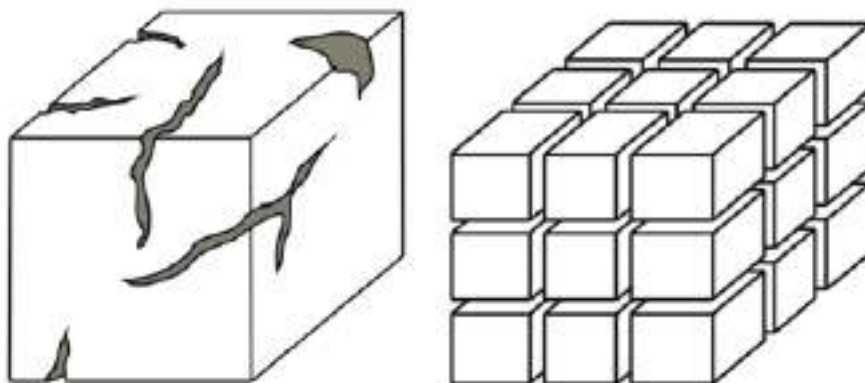


Рисунок 1 – Модель двойной пористости как идеализированное представление

В общем случае матрица пористой среды может быть неоднородной, что ведет к значительным вычислительным сложностям и, как было отмечено выше, обменный переток между средами только ухудшает общую картину. Кроме того, система трещин может содержать участки как с низкой, так и с высокой проницаемостью.

Основной идеей, на которой базируются модели двойной пористости, является раздельный расчет течения жидкостей в матрице и в трещинах с заданием обменного перетока между ними посредством использования функции переноса. Данная модель была впервые предложена Баренблаттом. Уоррен и Рут предложили модель, в которой все фильтрационные потоки идут в системе трещин, а поровая матрица участвует в этом процессе вторично через обмен. Далее Каземи расширил модель Уоррена-Рута для двухфазной жидкости. Позднее в работах Дугласа и Арбогаста были рассмотрены модели однофазной и многофазной фильтрации для двойной пористости, построенные в результате использования процедуры усреднения.

Модели двойной пористости (рисунок 2) предполагает, что сеть трещин является основным континуумом для потока жидкости. Матрица с низкой проницаемостью считается стоком или источником разрыва, что подходит для неоднородных коллекторов, которые имеют полную разрывность матрицы. Модели могут быть разделены в зависимости от их способности пропускать поток жидкости и тепла.

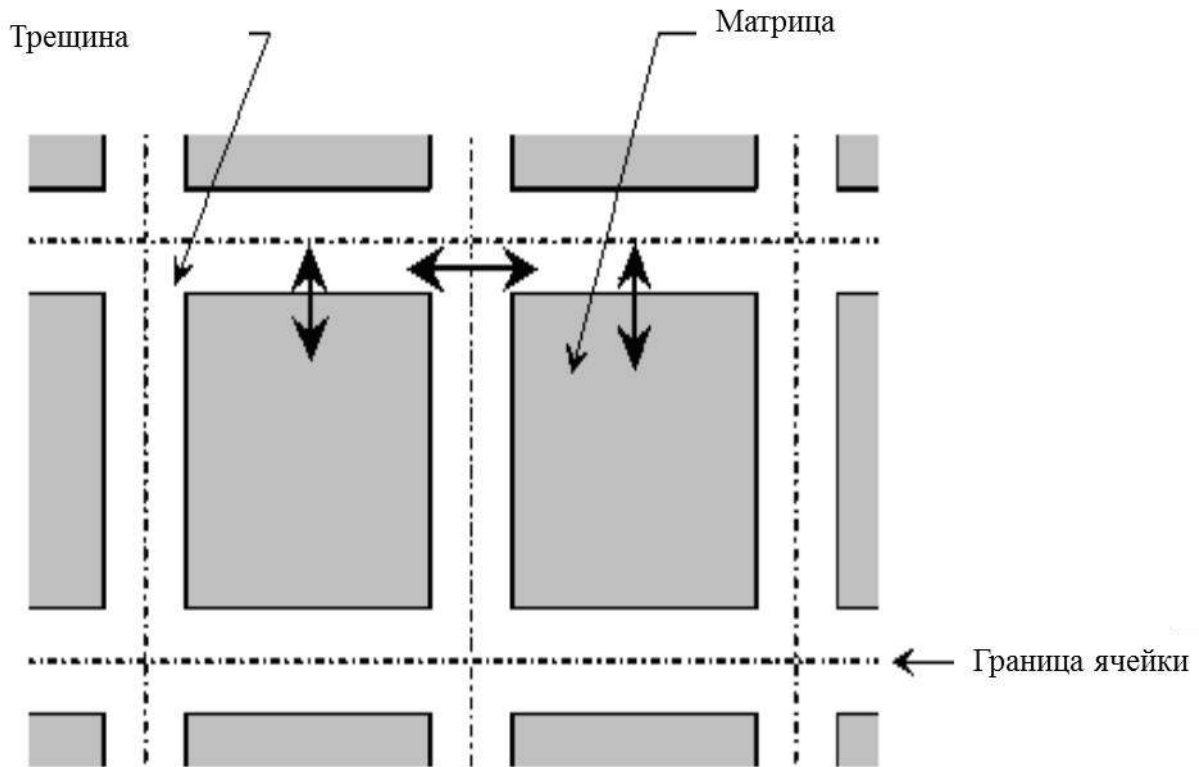


Рисунок 2 – Модель двойной пористости

Математическая модель течения жидкости в пористых средах базируется на законе сохранения массы и энергии для каждой из фаз:

Материальный баланс для трещин:

$$\sum_{ph=1}^{nph} \left[\Delta [T \rho_{ph} \lambda_{ph} x_{ph} (\Delta p + \Delta p c_{ph} - \gamma_{ph} \Delta z)]_f \right] + \sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} x_{ph} \Delta \Phi_{fm} = \left[\frac{V}{\Delta t} \Delta t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} x_{ph} - \sum_{rx=1}^{nrx} s r_{rx} - q \right]_f, \quad (1)$$

где, $\Delta [T \rho_{ph} \lambda_{ph} x_{ph} (\Delta p + \Delta p c_{ph} - \gamma_{ph} \Delta z)]_f$ – выражение характеризующее перетоки между трещинами, индекс ph – фаза(флюид), rx, r – порода, f – трещина, m – матрица, fm – трещина-матрица.

$\sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} x_{ph} \Delta \Phi_{fm}$ – перетоки между трещинами и матрицей;

$\frac{V}{\Delta t} \Delta t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} x_{ph}$ – накопление флюида;

$\sum_{rx=1}^{nrx} s r_{rx}$ – сопротивление породы;

T – температура, К;

ρ_{ph} – плотность флюида, кг/м³;

λ_{ph} – подвижность флюида, мкм²/мПа·с;

x_{ph} – мольная доля флюида, д.ед.;

Δp – разность давлений, МПа;

c_{ph} – сжимаемость флюида МПа⁻¹;

γ_{ph} – текучесть флюида, 1/мПа·с;

Δz – разность высот между ячейками, м;

σ_p – функция перетока под давлением, б/р;

$\Delta \Phi_{fm}$ – перепад пористости между трещиной и матрицей, д.ед.;

V – объем флюида, м³;
 $\Delta t, \Delta_t$ – изменение времени и временной шаг, с;
 ϕ – пористость, д.ед.;
 S_{ph} – насыщенность породы флюидом, д.ед.;
 s – стехиометрический коэффициент, б/р;
 r_{rx} – фильтрационное сопротивление породы, м·Па·с/мкм²;
 q – расход, м³/сут.

Материальный баланс для матрицы:

$$\begin{aligned}
 & [matrix - matrix flow] - \sum_{ph=1}^{nph} \sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} x_{ph} \Delta \Phi_{fm} \\
 & = \left[\frac{V}{\Delta t} \Delta_t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} x_{ph} - \sum_{rx=1}^{nrx} sr_{rx} - q^* \right]_f,
 \end{aligned} \quad (2)$$

где, $[matrix - matrix flow]$ – перетоки между матрицами = 0, поскольку флюиды движутся по трещинам;

q^* – критический расход, м³/сут.

Энергетический баланс в трещинах:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{ph=1}^{nph} \left[\Delta [T \rho_{ph} \lambda_{ph} H_{ph} (\Delta p + \Delta p c_{ph} - \gamma_{ph} \Delta z)]_f \right] + \Delta [T_c \Delta T]_f \\
 & + \sum_{ph=1}^{nph} \sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} H_{ph} \Delta \Phi_{fm} + \sigma_T \Delta T_{fm} \\
 & = \left[\frac{V}{\Delta t} \Delta_t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} U_{ph} + (1 - \phi) (\rho c_p)_r (T - T_r) \right]_f \\
 & - \sum_{rx=1}^{nrx} sr U_{rx} - qU - hloss - hext,
 \end{aligned} \quad (3)$$

где, $\Delta [T \rho_{ph} \lambda_{ph} H_{ph} (\Delta p + \Delta p c_{ph} - \gamma_{ph} \Delta z)]_f$ – переток от трещины к трещине;

$\Delta [T_c \Delta T]_f$ – теплопроводность трещин;

$\sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} H_{ph} \Delta \Phi_{fm} + \sigma_T \Delta T_{fm}$ – переток из трещин в матрицу;

$\left[\frac{V}{\Delta t} \Delta_t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} U_{ph} \right]_f$ – накопление энергии в флюидах;

$\left[(1 - \phi) (\rho c_p)_r (T - T_r) \right]_f$ – накопление энергии в породе;

sr_{rx} – сопротивление породы;

H_{ph} – энтальпия флюида, Дж;

σ_T – функция термического перетока, б/р;

ΔT_{fm} – перепад температуры от трещин к матрице, К;

U_{ph}, U_{rx}, U – теплоемкости флюида, породы, нагнетаемого флюида, Дж/К;

c_p – изобарная теплоемкость, Дж/К;

T_c – критическая температура для расчета энтальпии, К;

T_r – температура породы, К;

qU – закачка/добыча;

$hloss$ – теплопотери на входе и выходе, Дж;

$hext$ – внешние тепловые воздействия, Дж.

Энергетический баланс в матрице:

$$\begin{aligned}
& [matrix - matrix flow] - \sum_{ph=1}^{nph} \sigma_p \rho_{ph} \lambda_{ph} H_{ph} \Delta \Phi_{fm} + \sigma_T \Delta T_{fm} \\
& = \left[\frac{V}{\Delta t} \Delta t \sum_{ph=1}^{nph} \phi \rho_{ph} S_{ph} U_{ph} + (1 - \phi) (\rho c_p)_r (T - T_r) \right]_m \\
& - \sum_{rx=1}^{nrx} sr U_{rx} - qU - hloss - hext.
\end{aligned} \tag{4}$$

В дополнение к уравнениям сохранения существует уравнение ограничения, которое может быть решено одновременно с приведенными выше уравнениями потока в резервуаре:

Ограничение по насыщению

$$\sum_{ph=1}^{nph} S_{ph} = 1, \tag{5}$$

или ограничение по молярной доле газа:

$$\sum_{ic=1}^{nc} y_{ic} = 1. \tag{6}$$

Направление во всех явлениях переноса берется из направления вверх по течению, т. е. в какой-то момент времени во время моделирования свойства трещин могут быть использованы для расчета потока от матрицы в трещины. Теплопроводность для всех условий переноса (трещины-матрица, трещины-трещины, матрица-матрица) рассчитывается как сумма удельных сопротивлений во всех направлениях. Это означает, что используются как значения трещины, так и значения матрицы.

Функция перетока. Данная функция находится из формулы Гилмана и Каземи:

$$\sigma_p = 4k_m \left(\frac{1}{l_x^2} + \frac{1}{l_y^2} + \frac{1}{l_z^2} \right) \text{ или } \sigma_p = 4 \left(\frac{k_m^x}{l_x^2} + \frac{k_m^y}{l_y^2} + \frac{k_m^z}{l_z^2} \right), \tag{7}$$

где, σ_p – коэффициент перетока между матрицей пористой среды и трещинами под действием давления;

$k_m = (k_m^x, 0, 0; 0, k_m^y, 0; 0, 0, k_m^z)$ – абсолютная проницаемость пористой среды, мкм²;

l_x, l_y, l_z – пространственные параметры трещин по направлениям x, y и z, м.

Функция термического перетока:

$$\frac{1}{\sigma_T} = \left[\sum_i \frac{L_{fi}}{A_{mi} K_f} + \frac{L_{mi}}{A_{mi} K_m} \right] \frac{V}{4V_b} \tag{8}$$

где, L_{fi}, L_{mi} – геометрические размеры трещин и матрицы во всех направлениях, м;

A_{mi} – площадь матрицы, перпендикулярная потоку, м²;

K_f, K_m – собственные коэффициенты теплопроводности трещин и матрицы, Вт/м²·К;

V_b – объем ячейки, м³[1].

После полного изучения составляющих модель уравнений и работы с гидродинамическим симулятором CMG, модуль STARS, в котором заложена модель, можно сделать следующие выводы:

- Входными для расчета являются параметры связанные с физической характеристикой флюидов содержащихся в модели ($\rho_{ph}, \lambda_{ph}, x_{ph}, c_{ph}, \gamma_{ph}, c_p$), характеристики вмещающей породы ($T, V, S_{ph}, r_{rx}, k_m, \phi, \rho_r$), а также характеристики режима работы скважины (q, q^*);

- Остальные данные считаются выходными, либо же промежуточными, которые симулятор рассчитывает в процессе моделирования. Среди них продуктивная характеристика скважин (q – дебит/расход нагнетаемого флюида, η – коэффициент извлечения нефти), средняя пластовая температура (T_{cp}), а также сведения о распределении давления (p). Из них планируется в дальнейшем выбрать параметры для построения собственной математической модели, ее оптимизации и адаптации.

Библиографический список:

1. User's Guide STARS Advanced Process and Thermal Reservoir Simulator // Computer Modelling Group Ltd., 2009. – P. 1062-1075.

Гидравлический расчет трубопровода

Ланцова М.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В ходе своей работы проектировщику при расчете нефтепроводов, водопроводов чаще всего приходится встречаться с движением жидкости по трубам, которые в последующем объединяются в трубопроводы. Трубопровод в настоящее время можно считать самым безопасным способом транспортировки жидкости или газов, так при его использовании нет выхлопных газов и еще каких-либо выбросов в окружающую среду.

В грузообороте России трубопроводный транспорт занимает почти 40% от всего грузооборота нефти.

Также трубопроводы классифицируются по наличию ответвлений:

- простые
- сложные

Как и при строительстве любого технологического объекта, проектировщик должен удостовериться в надежности и правильности выбора характеристик сооружения и трубопровод не исключение. Одним из расчетов при проектировании и вводе в эксплуатацию трубопровода является гидравлический расчет трубопровода. В данном виде расчетов определяют его пропускную способность трубопровода, диаметр трубы и др.

Жидкость в простом трубопроводе движется за счет разницы давления в начале и в конце трубопровода. [2]

Основные формулы расчета: [1]

Определение объёмного расхода:

$$Q = \omega \cdot S, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где ω - линейная скорость, м/с;

S - площадь поперечного сечения трубы, м².

Определение массового расхода:

$$G = Q \cdot \rho = \omega \cdot S \cdot \rho, \text{ кг/с} \quad (2)$$

*для круглого сечения трубопровода:

$$Q = 0,785 \cdot d^2 \quad (3)$$

Уравнение неразрывности:

$$G = Q \cdot \rho = \omega_1 \cdot S_1 \cdot \rho_1 = \omega_2 \cdot S_2 \cdot \rho_2 = \text{const}, \text{ кг/с} \quad (4)$$

Если $\rho_1 = \rho_2$, т.е жидкость несжимаема то:

$$Q = \omega_1 \cdot S_1 = \omega_2 \cdot S_2 = \text{const}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5)$$

В основу гидравлического расчета положено уравнение Бернулли:

Для идеальной жидкости:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_2^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

где P_1 и P_2 – давление в сечениях 1 и 2, Па;

ρ – плотность, кг/м³;

ω_1, ω_2 – средние линейные скорости, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Z_i – геометрический напор, удельная потенциальная энергия положения.

$\frac{P_i}{\rho \cdot g}$ – статистический напор, удельная потенциальная энергия давления.

$\frac{\omega_i^2}{2 \cdot g}$ – скоростной напор, удельная кинетическая энергия.

Сумма трех перечисленных напоров определяет запас полной механической энергии потока и называется полным напором H :

$$H = Z_i + \frac{P_i}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_i^2}{2 \cdot g} \quad (7)$$

Но в отличие от идеальной жидкости в реальности жидкость имеет вязкость. Следовательно, в уравнении появляется коэффициент, учитывающий потери энергии в результате гидравлических сопротивлений:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_2^2}{2 \cdot g} + h_{\pi} \quad (8)$$

где h_{π} – напор на преодоление путевых сопротивлений:

$$h_{\pi} = h_{\tau} + h_{\text{м}} \quad (9)$$

где h_{τ} – потеря напора из-за сил трения;
 $h_{\text{м}}$ – потеря напора из-за местных сопротивлений.
 При $Z_1=Z_2$ и $\omega_1=\omega_2$:

$$h_{\pi} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g}, \text{ м.} \quad (10)$$

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h_{\pi}, \text{ Па.} \quad (11)$$

Определение потерь напора на трение:

Определение напора на преодоление трения определяется по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_{\tau} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \text{ м.} \quad (12)$$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па.} \quad (13)$$

Если скорость ω выразить через объемный расход и площадь сечения:

$$\omega = \frac{Q}{S}, \text{ м / с.} \quad (14)$$

Следовательно, потеря напора на преодоление сил трения в наклонном трубопроводе:

$$h_{\tau} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \pm \Delta Z, \text{ м.} \quad (15)$$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \pm \Delta Z \cdot \rho \cdot g, \text{ Па.} \quad (16)$$

где «+» - сумма участков подъема по высоте больше сумма участков спуска «-» - иначе;
 l – длина трубопровода, м;
 d – внутренний диаметр, м;
 ρ – плотность жидкости, кг/м³;
 ΔZ – разность геодезических отметок вначале и в конце трубопровода, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 λ – коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = f(R_e, \varepsilon), \quad (17)$$

где ε – относительная шероховатость:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d'} \quad (18)$$

где Δ - абсолютная эквивалентная шероховатость (табличное значение), мм.

Расчет стандартной задачи: [1]

Дано:

$$P=0,67 \text{ МПа};$$

$$\rho=869 \text{ кг/м}^3;$$

$$\nu=0,1376 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с};$$

$$L=10\,000 \text{ м};$$

$$D=311 \text{ мм};$$

$$H_{гзу}=12 \text{ м};$$

Найти:

$$H-? \text{ м.}$$

Для круглого сечения поперечного сечения:

$$S = 0,785 \cdot 0,311^2 = 0,0759 \text{ м}^2$$

Расчет линейной скорости потока:

$$\omega = \frac{3000}{869 \cdot 0,073} = 47,29 \text{ м/с}$$

Расчет числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu} = \frac{0,68 \cdot 0,311 \cdot 10000}{0,1376} = 15369 > 2300 \rightarrow \text{Область Блазиуса}$$

Коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = 0,028$$

Расчет потерь давления в трубопроводе:

$$\Delta P = 0,028 \cdot \frac{10000}{0,311} \cdot \frac{0,688^2}{2} \cdot 849 + 12 \cdot 849 \cdot 9,8 = 0,28 \text{ МПа.}$$

Расчет начального давления:

$$P_H = P_K + \Delta P = 0,67 + 0,28 = 0,88 \text{ МПа}$$

Расчет начального напора:

$$H_i = \frac{P_i}{\rho \cdot g} = \frac{0,88 \cdot 10^6}{849 \cdot 9,81} = 106 \text{ м.}$$

Ответ: $H=106 \text{ м.}$

Для выявления зависимости пропускной способности от диаметра трубы условно выберем диаметр равный 0,450 мм.

Площадь поперечного сечения трубы:

$$S = 0,785 \cdot 0,450^2 = 0,15 \text{ м}^2$$

Линейная скорость потока:

$$\omega = \frac{3000}{869 \cdot 0,15} = 23,01 \text{ м/с.}$$

Из расчёта можно увидеть, что увеличение диаметра привело к падению линейной скорости потока почти в два раза.

Из этого следует, что увеличение диаметра трубы для увеличения пропускной способности целесообразно лишь при создании специальных условий.

Трубопровод неотъемлемая часть нефтяной и газовой отрасли и моей будущей профессии. Но выполнение расчетов невозможно без знания теории, поэтому в работе рассмотрела краткую теорию по данной теме. Гидравлический расчет трубопровода обосновывает конструктивные особенности трубопровода, выбор диаметра трубы и др. Из уравнения Бернулли можно сделать вывод, если труба имеет различные сечения, то скорость жидкости выше в узких местах, а давление – в широких.

Дальнейшей темой для расчетов по данной работе можно назвать расчет более сложного трубопровода.

Библиографический список:

1. Расчет простых и сложных трубопроводов: методические указания / Н.В.Чухарева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 – 49 с. – URL: <https://docplayer.com/71596091-N-v-chuhareva-raschet-prostyh-i-slozhnyh-promyslovyh-truboprovodov.html>. - Текст : электронный.
2. Гидравлический расчет трубопроводов разного назначения / Э.Х. Одельский. – Минск: Изд-во Высшейшая школа, 1967. – 103 с. https://www.proektant.org/books/1967/1967_Odelskii_E_H_Gidravlicheskii_raschet_truboprovodov_r_raznogo_naznacheniya.pdf. – Текст: электронный.

УДК 519.21

Исследование погрешности приближенных формул в теории вероятностей

Хомутникова У.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Как известно, если было получено m благоприятных исходов для некоторого события A из n всевозможных исходов, вероятность этого события будет равна их отношению:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Но что, если проводится несколько испытаний, в каждом из которых событие A может появиться с определенной вероятностью? Здесь учитывается, что вероятность этого события регулярна и не зависит от предыдущих опытов. Целью такой задачи будет установить, какова вероятность того, что за n число испытаний данное событие произойдет ровно k раз? Примерами такой задачи может служить: подбрасывание монетки, стрельба по мишени или же рождение черных кроликов. Такой эксперимент называют схемой Бернулли.

Теорема Бернулли выглядит следующим образом:

$$P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k},$$

где p – вероятность события A ,

q – вероятность события, противоположного событию A , коэффициент $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ – количество сочетаний.

Формула Бернулли дает точный результат. Однако если n и k принимают слишком большие значения, то ее применение затруднительно из-за больших значений факториалов в последней формуле. Эта проблема может быть решена использованием программной техники. В частности, речь идет об Excel. Но не всегда есть возможность отказаться от вычислений «вручную». В этом случае используют приближенные формулы: локальную формулу Лапласа и формулу Пуассона, полученные из предельных теорем. Локальная формула Лапласа применяется, если n – велико, а p – не мало; формула Пуассона, если n – велико, а p – мало. Также изучив учебную литературу, мы сформировали список наиболее распространенных рекомендаций для их применения (таблица 1). Так, например, формула Лапласа применяется при достаточно большом количестве опытов и вероятности p примерно равной 0,5.

Самое существенная характеристика применения данных формул состоит в том, что при большом количестве испытаний приближенные формулы дают сколь угодно малую относительную погрешность, т. е. чем больше n , тем точнее результат. Мною был проведен вычислительный эксперимент.

Таблица 1 – Применение формул Лапласа и Пуассона

	Формула Лапласа	Формула Пуассона
1	$P_n(k) \approx \frac{1}{\sqrt{npq}} \cdot \varphi(x)$	$P_n(k) \approx \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$
2	чем больше n , тем точнее	когда n велико, а p мало
3	n велико ($n \geq 50$), а p немало ($p > 0,1$)	$n \geq 50, np = \lambda \leq 10, p \leq 0,1$
4	$p > 0,1$, близко к 0,5 $npq > 10$ n минимум 50–100	$p \leq 0,1$, лучше 0,05 – 0,1 и менее $np = \lambda \leq 10$

Допустим, что симметричную монету бросают 600 раз. Какова вероятность того, что «решка» выпадет ровно 200 раз (вероятность выпадении «решки» в каждом опыте равна 0,5)? Вычисления были произведены как по точной формуле Бернулли $P_{\text{точн}}$, так и по приближенной формуле Лапласа $P_{\text{прибл}}$ (таблица 2). При это относительная погрешность $\delta = \left| \frac{P_{\text{точн}} - P_{\text{прибл}}}{P_{\text{точн}}} \right| \cdot 100\%$ получилась равной 80%, хотя число опытов довольно велико.

Таблица 2 – Результаты вычислений

n	k	p	q	$P_{\text{точн}}$	$P_{\text{прибл}}$	$\delta, \%$
600	200	0,5	0,5	6,04E-17	1,09E-16	80,050

Возникает вопрос, почему получилось так, если результат должен был быть достаточно точным? Так возникла идея исследовать значения вероятностей при использовании приближенных формул и соответствующих погрешностей.

Первый вычислительный эксперимент был проведен также с использованием формулы Лапласа. Для него был взят диапазон числа испытаний от 200 до 600, вероятность события A – 0,5, и количество успехов, равное 200. Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты вычислительного эксперимента 1

n	k	p	q	$P_{\text{точн}}$	$P_{\text{прибл}}$	$\delta, \%$
200	200	0,5	0,5	6,22302E-61	2,09883E-45	3,37269E+17
201				6,25413E-59	9,28997E-45	1,48541E+16
202				3,15834E-57	4,03181E-44	1,27656E+15
...
354				0,020087871	0,002135317	0,067605179
355				0,023027843	0,002444382	0,030782949
356				0,026303858	0,002788203	0,001467904
357				0,029939566	0,00316914	0,02946878
358				0,033958174	0,003589491	0,053525955
...
598				1,33176E-15	1,08738E-16	80,05075883
599				1,00839E-15	8,22663E-17	81,77548132
600				7,62977E-16	6,21932E-17	83,53369812

Вычисления показали очень большую погрешность почти во всех испытаниях и очень маленькую вероятность. Самая маленькая погрешность и почти самая большая вероятность зафиксирована на 356 опыте, ее значение выделено в таблице жирным шрифтом.

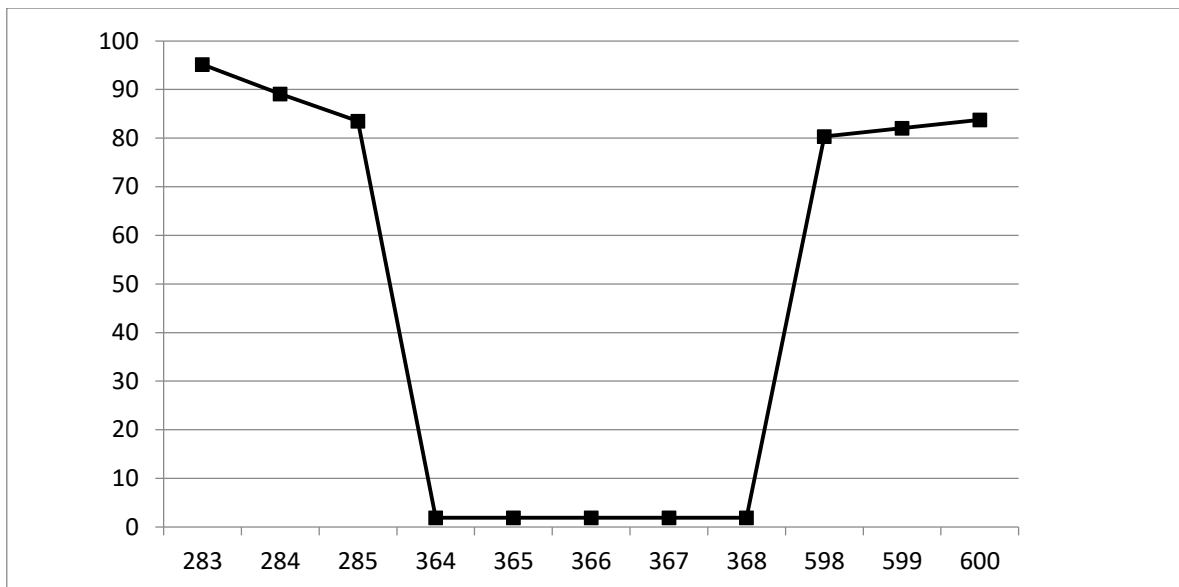


Рисунок 1 – График изменения погрешности

После построения графика погрешности стало видно, что сначала относительная погрешность убывает, а после достижения минимального значения на 356 опыте снова начинает возрастать (рисунок 1). Значит, утверждение о том, что чем больше n , тем точнее результат, является сомнительным.

Попробуем увеличить число опытов до 800, а число успехов до 300, оставив ту же вероятность. Как видно, минимальная погрешность значительно уменьшилась. В таком случае можно с уверенностью сделать вывод о том, что стоит обращать внимание как раз на минимальную погрешность, поскольку она действительно уменьшается. Результаты вычислений приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты вычислительного эксперимента 2

n	k	p	q	$P_{\text{точн}}$	$P_{\text{прибл}}$	$\delta, \%$
...
580				0,023469861	0,023467636	0,009479178
581				0,024263326	0,024262144	0,004869895
582				0,025037687	0,025037587	0,000400081
583				0,025789703	0,025790712	0,003912028
584				0,026516173	0,026518308	0,008049589
...

Теперь проверим, распространяется ли это свойство на формулу Пуассона. Возьмем $p=0.1$ и начнем увеличивать число успешных опытов от 50 до 52. В первом случае минимальная погрешность была зафиксирована на 431 опыте, во втором – на 450. Из результатов вычислений следует, что с увеличением количества экспериментов уменьшается минимум погрешности. Результаты вычислений приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты вычислительного эксперимента 3

n	k	p	q	$P_{\text{точн}}$	$P_{\text{прибл}}$	δ_{min}
431	50	0,1	0,9	0,033315778	0,033319	0,060708146
450	52	0,1	0,9	0,032913952	0,032897	0,0528059

В заключение можно сделать вывод, что в первом примере погрешность была такой большой из-за очень маленькой вероятности события. А дальнейшие вычислительные эксперименты показали, что минимальная погрешность достигалась на том опыте, где имела

место самая большая вероятность появления события k раз в n испытаниях Бернулли. То есть, говорить о том, что если рассматривается большое количество испытаний, то погрешность будет мала, нельзя. Во избежание неточных результатов стоит использовать формулу Бернулли.

Библиографический список:

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Изд-во «Гойнбер», 1980. – 976 с.
2. Губарь Л. Н., Ермоленко А.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / Л. Н. Губарь, А. В. Ермоленко. – Сыктывкар: Изд-во СГУ имени Питирима Сорокина, 2015. – 120 с.
3. Звонарев С.З. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.З. Звонарев – Екатеринбург: Изд. Урал. Ун-та, 2019. – 112 с.
4. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для вузов. – М. : Высшая школа, 2011. – 400 с.

УДК51-77

Оценка денежных доходов населения на основе экспоненциального распределения

Головешкина М.С.

Научный руководитель – Габова М.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Проблема распределения доходов занимает важное место в экономических исследованиях. Существуют различные подходы дифференциации населения по доходам. Распределение доходов граждан необходимо знать для того, чтобы определить социальную ситуацию в стране, покупательную способность граждан на товары разных ценовых сегментов. В свою очередь, в экономиках с устоявшейся налоговой системой для определения доходов и имущества могут быть использованы статистические данные, поскольку распределение денег граждан при существующем уровне технологий можно только промоделировать.

Исторически первыми исследователями, которые затронули вопрос распределения доходов граждан, были Вильфредо Парето, Ирвинг Фишер и Макс Отто Лоренц. Вильфредо Парето (1848-1923) - итальянский инженер, экономист, социолог. Он разработал теории, названные впоследствии его именем: статистическое Парето-распределение и Парето-оптимум, широко используемые в экономической теории и иных научных дисциплинах. Основные произведения: «Учебник политической экономии», «Трансформация демократии» и «Социалистические системы». Ирвинг Фишер (1867-1947) - американский экономист, статистик, изобретатель и прогрессивный социальный активист. Оставил ряд значительных работ по теории статистики, общего экономического равновесия, предельной полезности, но самый важный вклад был внесён им в теорию денег. Вывел «уравнение Фишера», обоснование формулы «уравнения обмена». Макс Отто Лоренц – американский математик и экономист, автор знаменитой «кривой Лоренца», геометрически отражающей степень дифференциации доходов (разработан и предложен метод оценки распределения доходов в 1905 г.). Учился в Висконсинском университете, работал в различных государственных учреждениях США, его основные произведения: «Методы измерения концентрации богатства» (1905 г.) и «Основы экономической теории» (1908 г.), в соавторстве с Р. Эли, Т. Адамсом и Э. Янгом.

Согласно статье «Экспоненциальное распределение доходов и расходов граждан: наблюдение и модели» авторов Галкин С.А., Елагин О.И., Козлов А.А., Потапенко В.А., Романовский М.Ю. в экономическом равновесии распределение денежных единиц по людям оказывается экспоненциальным (показательным). Авторы отмечают, что не стоит путать основные виды доходов, нужно знать их точные определения. Так, например, индивидуальный доход (личный) – это денежные доходы человека, которые складываются из заработной платы и

других дополнительных средств. Рассчитывается до вычета налогов на доходы физических лиц, транспортного и земельного налога. Среднедушевой доход – показатель экономического благосостояния страны, измеряющий среднестатистический доход, получаемый отдельным лицом в стране.

Часто для оценки доходов измеряют расходы. Наилучшей оценкой доходов граждан должен служить такой товар, распределение продаж (и покупок) которого прямо позволяет определить функцию распределения по доходам индивидуальных граждан, то есть расходы репрезентативны доходам.

Если рассматривать показательное распределение, когда расходы на один товар репрезентативны полным доходам, то функции распределения и функции плотности распределения вида:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{при } x > 0 \end{cases};$$
$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad x > 0.$$

в случае распределения расходов параметр $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$,

где \bar{x} – средняя цена товара; при рассмотрении доходов параметр $\lambda = \frac{1}{\bar{y}}$, где \bar{y} – средний доход.

В работе «Экспоненциальное распределение доходов и расходов граждан: наблюдение и модели» авторы Галкин С.А., Елагин О.И., Козлов А.А., Потапенко В.А., Романовский М.Ю. провели анализ распределения продаж новых легковых автомобилей в России в зависимости от цены. Объясняя такой выбор товара при оценке расходов граждан, а соответственно, и их доходов, тем, что репрезентативный товар должен быть массовым и цена товара должна варьироваться в широких пределах, и таким товаров могут являться новые автомобили – в результате диапазон цен перекрывает диапазон доходов граждан. Авторы рассматривали в своей работе период 2003-2006 гг. Распределение расходов на покупку автомобилей в 2004 г. производилось с учетом дорогих марок автомобилей. Было продано 1 290 972 автомобиля. Экспериментальное распределение согласовалось с экспоненциальным, кроме расходов по продаже дорогих автомобилей, которые распределены в хвосте распределения по закону Парето. Таким образом, в России в период 2003-2006 гг. распределение продаж новых автомобилей было экспоненциальным (показательным).

Выше названная статья ученых-экономистов, преподавателей МГУ им. М.В. Ломоносова, вызывает интерес с последующей идеей исследования распределения доходов и расходов граждан на примере распределения продаж новых легковых автомобилей за обновленный период. В представленной работе отметим предмет исследования – соответствие распределения доходов населения показательному закону на примере распределения продаж новых автомобилей в зависимости от цены; выделим объект исследования – продажу автомобилей на российском авторынке за период 2016-2019 гг., а именно, распределение случайной величины X – средней цены на новые автомобили; выдвигая гипотезу о соответствии экспериментального распределения (по некоторой выборке, собрав статистические данные по продаже автомобилей за определенный, например, 2019 г.) продаж новых автомобилей показательному (экспоненциальному) закону. Цель исследования: проверка гипотезы о согласии экспериментального распределения продаж новых автомобилей показательному закону. Рассматриваемые методы в работе: аналитический (обзор учебной литературы по заданной тематике; научных публикаций по исследованию вопроса); практический (сбор экспериментальных данных; построение математической модели – распределения). Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. раскрыть определения денежных доходов населения: индивидуальный доход граждан, среднедушевой доход, средний доход;
2. определение наилучшей оценки доходов как товара, расходы на который репрезентативны доходам;
3. количественный анализ распределения продаж новых автомобилей в России за период

2016-2019 гг.:

3.1. сбор статистических данных с сайтов;

3.2. первоначальная обработка статистических данных: вычисление выборочных числовых характеристик, использование программы Excel, надстройки «Анализ данных», а также графическое представление статистических данных;

4. проверка гипотезы о согласии экспериментального распределения продаж новых автомобилей показательному (экспоненциальному) закону;

5. интерпретация результатов по итогам статистической обработки данных, построения теоретической функции распределения по экспериментальным данным.

Проведем аналогию с работой ученых-экономистов Галкина С.А. и др., исследовав продажи новых автомобилей в России за период 2016-2019 гг. Рассмотрим определенный год, например, 2019 г. Был произведен сбор статистических данных (данные представлены в таблице 1) по средней стоимости автомобиля, проданного в России. По статистике о продаже новых машин за январь-декабрь 2019 г. было продано 1 759 532 машины (источник auto.vercity.ru). Рассмотрим выборку случайной величины X – средней цены на новые автомобили объема в 1 104 450 проданных машин, полученных с сайтов Автостата, АвтоРевю, ЦенаАвто и др. Для проверки распределения цен на новые автомобили соответствию показательному закону из них выберем 935 956 автомобилей, средняя цена которых составила 995 тысяч рублей, отделив количество автомобилей с более высокими ценами. Считается, что для больших доходов справедливо распределение Парето («хвост Парето»).

Таблица 1 - Статистические данные о стоимости в тыс. руб. и количестве проданных автомобилей в России в 2019 г.

X_{min}	434,9	Числовые характеристики выборки	
X_{max}	1982	выборочная средняя	994,0109512
		выборочная дисперсия	139503,2812
R	1547,1	выборочное среднее квадратичное отклонение	
		средняя цена, тыс. руб.	частота
		546,274	135 831
		694,772	35 391
		769,021	154 582
		843,27	174 247
		991,768	166 627
		1 140,27	25 799
		1 214,52	71 487
		1 288,76	31 923
		1 437,26	27 161
		1 622,88	25 158
		1 808,51	57 123
		1 957,01	30 627
		объем выборки	935 956

К низшей ценовой категории с минимальной начальной ценой в 435 тысяч рублей относились такие марки автомобилей, как LADA Granta, LADA Vesta, VW Polo, LADA Largus и Renault Logan (рисунок 1). Автомобили ценовой категории свыше 1956 тысяч рублей были проданы таких марок, как Toyota LC Prado, Toyota RAV4, Kia Sorento, Skoda Kodiaq и VW Tiguan.

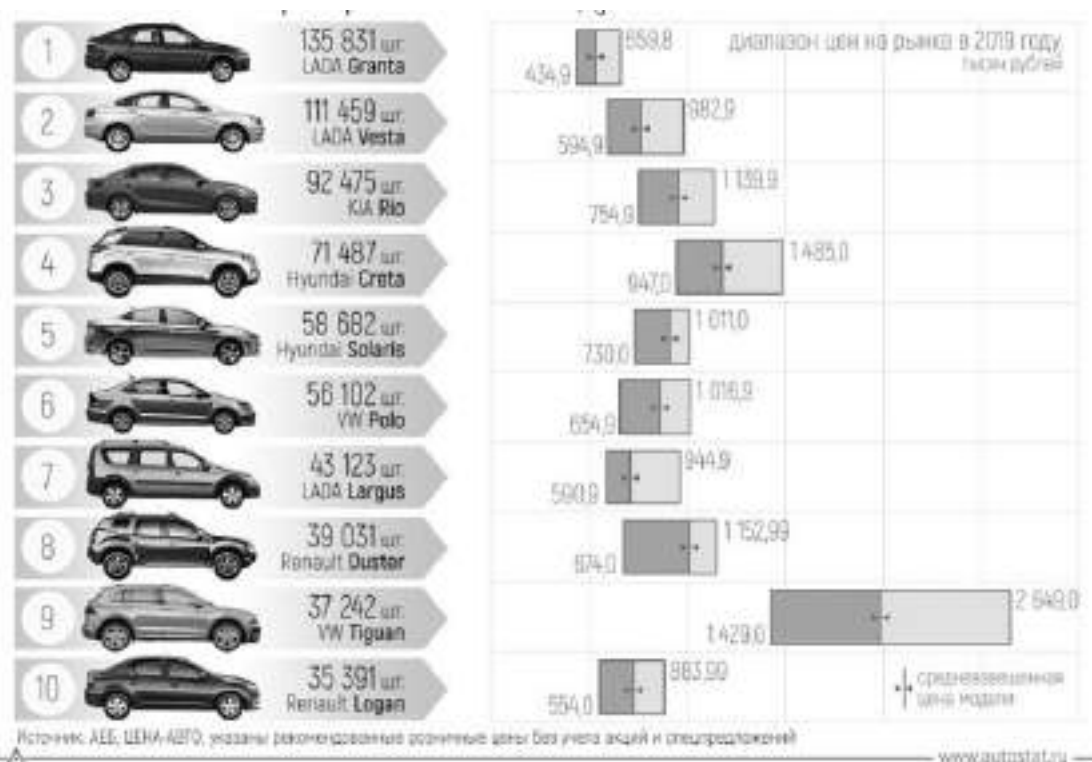


Рисунок 1 – Топ-10 бестселлеров авторынка в 2019 г. по данным Автостата

Дальнейшая работа по статистическим данным включала себя проверку гипотезы о показательном распределении генеральной совокупности, используя критерий χ^2 Пирсона (расчеты представлены в таблице 2). В качестве оценки параметра λ показательного распределения принимается величина, обратная выборочной средней (\bar{x} – средняя цена автомобилей):

$$\lambda = \frac{1}{\bar{x}},$$

вероятности попадания X в частичные интервалы вычисляются:

$$P_i = P(x_i < X < x_{i+1}) = e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}};$$

теоретические частоты:

$$n'_i = n_i * P_i.$$

Таблица 2 - Определение статистики χ^2

№	начало интервала	конец интервала	эмпирическая частота	вероятность попадания в интервал	теоретическая частота	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n_i}$
1	434,9	731,896	171 222	0,167	156075,958	1469,814
2	731,896	806,145	154 582	0,034	32259,839	463818,536
3	806,145	880,394	174 247	0,032	29937,944	695609,007
4	880,394	1 103,14	166 627	0,083	77494,368	102518,754
5	1103,141	1 177,39	25 799	0,024	22205,528	581,524
6	1177,39	1 251,64	71 487	0,022	20607,290	125622,769
7	1251,639	1 325,89	31 923	0,020	19124,085	8565,754
8	1 325,89	1 548,64	27 161	0,053	49502,695	10083,316
9	1548,635	1 697,13	25 158	0,029	27348,437	175,440
10	1 697,13	1 919,88	57 123	0,036	34074,364	15590,596
11	1 919,88	1 994,13	30 627	0,010	9763,796	44580,329
наблюдаемое значение статистики χ^2						1468615,839

Сравнивая эмпирические и теоретические частоты с помощью критерия Пирсона, получаем, что гипотеза о распределении X по показательному закону отвергается (разница между эмпирическими и теоретическими частотами очень большая). Но тем не менее, обращаясь к графическим изображениям эмпирических данных, полигону и гистограмме частот, наблюдаем все же экспоненциальную зависимость количества проданных автомобилей от их цены (см. рисунок 2).

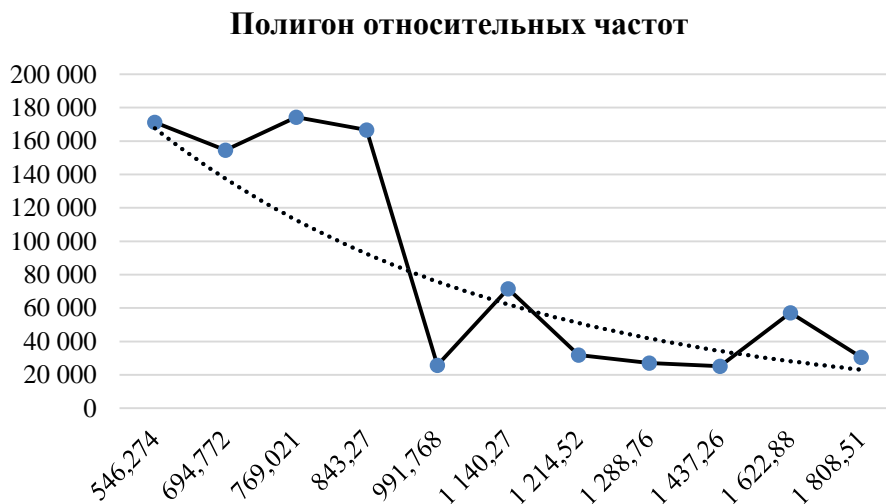


Рисунок 3 – Полигон относительных частот



Рисунок 4 – Гистограмма относительных частот

Интересен тот факт, что по продажам автомобилей авторы статьи об экспоненциальном распределении индивидуальных доходов и расходов граждан, Галкин С.А. и др., рассчитывали средний индивидуальный доход гражданина России по определенному коэффициенту, тем самым оценивали денежные доходы населения. Так, например, в 2004 г. оценив среднюю стоимость автомобиля в России равную 9 000 долларам (261 000 рублям, с учетом курса доллара на 2004 г. в 29 рублей) и помножив эту величину на некоторый посчитанный для России коэффициент 1,28, можно найти среднегодовой индивидуальный доход равный 332 080 рублей. По данным российского статистического ежегодника найдем коэффициенты Джини на 2004 и 2019 гг., равные 0,399 и 0,411 соответственно. Также учитываем коэффициент 1,28, и рассчитаем коэффициент для России на 2019 г. Для этого составим следующее уравнение: $\frac{0,411}{k} = \frac{0,399}{1,28}$.

Произведя необходимые вычисления, находим $k = 1,32$. Полученный коэффициент умножаем на среднюю стоимость автомобиля за 2019 г., а именно на 994 тыс. руб, получаем среднегодовой индивидуальный доход равный 1 313 тыс. руб., не путая со среднедушевым доходом гражданина России на 2019 г., который составлял лишь 316 368 тыс. руб. по медиане значений.

Библиографический список:

1. Галкин С.А., Елагин О.И. Экспоненциальное распределение индивидуальных доходов и расходов граждан: наблюдение и модели / Галкин С.А., Елагин О.И., Козлов А.А., Потапенко В.А., Романовский М.Ю. // Труды института общей физики им А.М.Прохорова. – 2009. – Том 65. – С. 29-47.
2. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гурман. – Москва: Высшая школа, 1979. - 400 с.
3. Сколько стоили бестселлеры российского авторынка в 2019 году? [Электронный ресурс]. - <https://www.autostat.ru/news/42879/> (дата обращения: 02.03.2022).
4. Авторынок России: итоги 2019 года [Электронный ресурс]. – <https://autoreview.ru/news/avtorynok-rossii-itogi-2019-goda> (дата обращения: 02.03.2022).
5. Распределение общего объема денежных доходов населения [Электронный ресурс]. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2020.pdf (дата обращения: 06.03.2022).

УДК 621.184.76

Расчёт тепловых потерь теплоизоляционных материалов для нефтепроводов

Автамонов В.А., Хламов В.А.

Научный руководитель – Лютоев А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность. Большое число задач, связанных с анализом физических полей описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. К сожалению, во многих случаях, представляющих практический интерес, найти аналитическое решение таких задач трудно или практически невозможно. Это обычно обусловлено сложной формой или неоднородностью свойств области, в которой отыскивается решение. Однако в настоящее время одним из наиболее применяемых численных методов для решения уравнений в частных производных стал метод конечных элементов (МКЭ). Широкому распространению метода во многом поспособствовало создание на его основе многочисленных программных комплексов (Ansys, Elcut) для решения широкого круга задач, в частности и для расчёта тепловых потерь. [1]

Цели и задачи. Целью нашей работы является расчёт тепловых потерь различных теплоизоляционных материалов для нефтепроводов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- создать модель сечения трубопровода с различными слоями теплоизоляции в программе ELCUT;
- рассмотреть свойства теплоизоляционных материалов;
- рассчитать теплотери для каждого материала;
- графически отобразить изменения температуры между слоями нефтепровода;
- рассчитать экономические затраты.

Процесс моделирования. В качестве объекта исследования был выбран магистральный нефтепровод «Уса-Ухта» диаметром 720 мм, длиной 409 км. Создание модели нефтепровода в программном обеспечении ELCUT проходило в 4 этапа. 1-й этап: выбор типа задачи – нестационарная теплопередача, а также выбор файлов модели; 2-й этап: задание геометрии модели – сектор круга (1/4 сечения нефтепровода) с соблюдением действительных размеров; 3-й этап: задание физических свойств каждому слою и граням модели (грунт, изоляция, сталь и нефть), таких как теплоотдача, теплопроводность, теплоёмкость, температура, плотность; 4-й

этап – построение сетки конечных элементов во всех блоках, входящих в расчётную область, для того, чтобы получить картину распределения температурных полей. Результатом выполнения перечисленных процедур стала модель (рисунок 1).

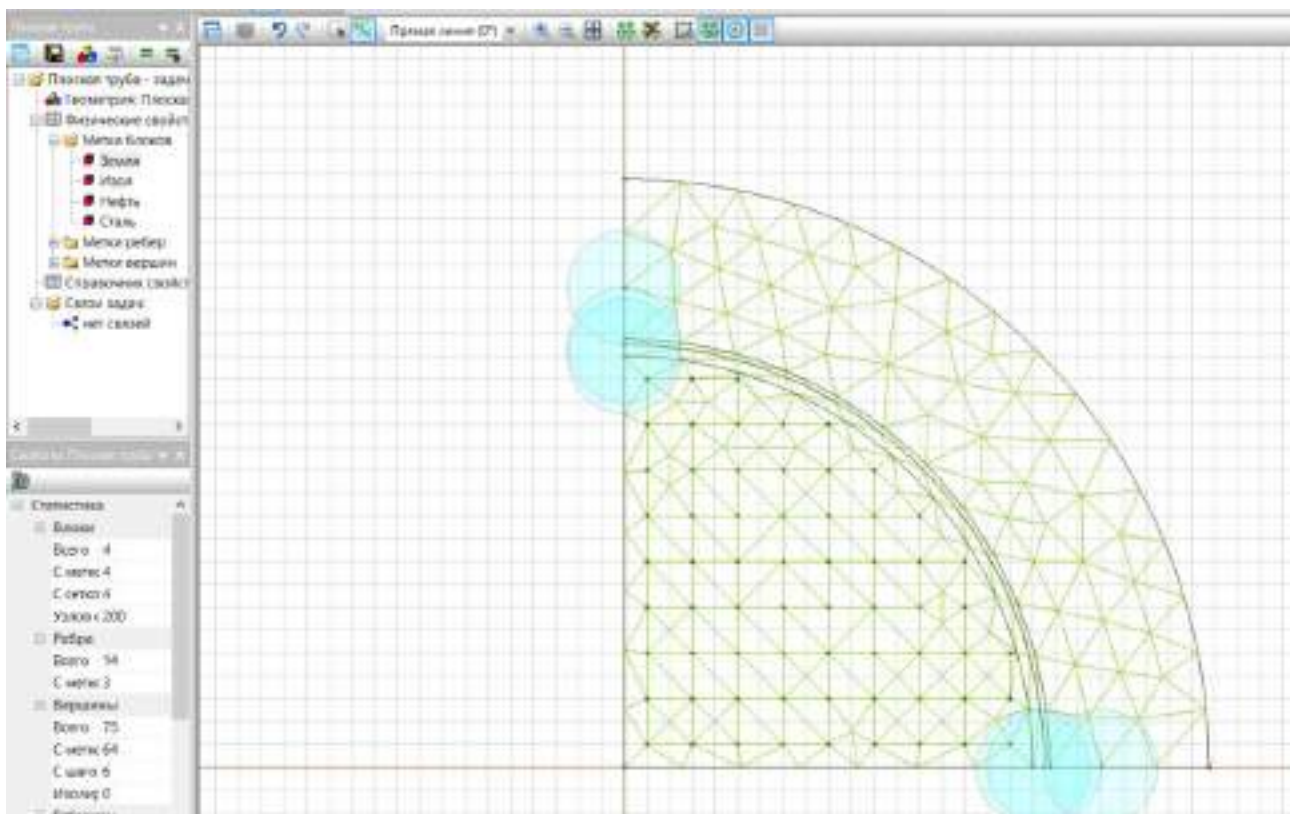


Рисунок 1 – Созданная модель сектора нефтепровода «Уса-Ухта»

Выбор материалов теплоизоляции. В нефтегазовой отрасли при транспортировке нефти используют различные виды теплоизоляционных материалов. Нами в качестве примеров для рассмотрения были выбраны 3 материала пенополиуретан (ППУ, плотность $\rho=40-80$ кг/м³, теплопроводность $\lambda=0,029-0,041$ Вт/(м·К), теплоёмкость $C=40-80$ Дж/(кг·К)), нефтяной битум (плотность $\rho=1200$ кг/м³, теплопроводность $\lambda=0,22$ Вт/(м·К), теплоёмкость $C=1680$ Дж/(кг·К)) и вспененный каучук (плотность $\rho=82$ кг/м³, теплопроводность $\lambda=0,033$ Вт/(м·К), теплоёмкость $C=1200$ Дж/(кг·К)).

Расчёт теплотерь. Формула расчёта тепловых потерь Q , Дж, имеет следующий вид:

$$Q = \frac{2\pi\lambda L \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
 L – длина нефтепровода, м;
 $t_{\text{вн}}$ – температура внутренняя (нефти), К;
 $t_{\text{нар}}$ – температура наружная (грунта), К;
 D – наружный диаметр трубы с изоляцией, м;
 d – внутренний диаметр, м.

Площадь поверхности трубопровода S , м² рассчитывается по следующей формуле:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L, \quad (2)$$

где r – радиус трубопровода, м.

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,36 \cdot 409000 = 924667,2 \text{ м}^2.$$

Расчёт будем проводить для различных значений температуры нефти (40⁰С, 60⁰С, 80⁰С) при температуре грунта –5⁰С. Согласно приказу Минэнерго России от 2008 года, норма теплотерь на 1 м² для трубопровода диаметром 720 мм при разницах температур 45⁰С, 65⁰С и 85⁰С равна 80, 100 и 120 ккал/ч соответственно. Для нашего нефтепровода нормы теплотерь составят:

$$Q_{45} = 924667,2 \cdot 80 = 73973376 \text{ ккал / ч} = 86,03 \text{ МВт};$$

$$Q_{65} = 924667,2 \cdot 100 = 92466720 \text{ ккал / ч} = 107,54 \text{ МВт};$$

$$Q_{85} = 924667,2 \cdot 120 = 110960064 \text{ ккал / ч} = 129,05 \text{ МВт}.$$

Теперь, зная нормы тепловых потерь, можно вычислить потери при использовании предложенных материалов теплоизоляции и сравнить их с нормой. Таким образом, на рисунках 2, 3 и 4 представлены значения тепловых потерь и картины распределения температур для ППУ, нефтяного битума и вспененного каучука соответственно.

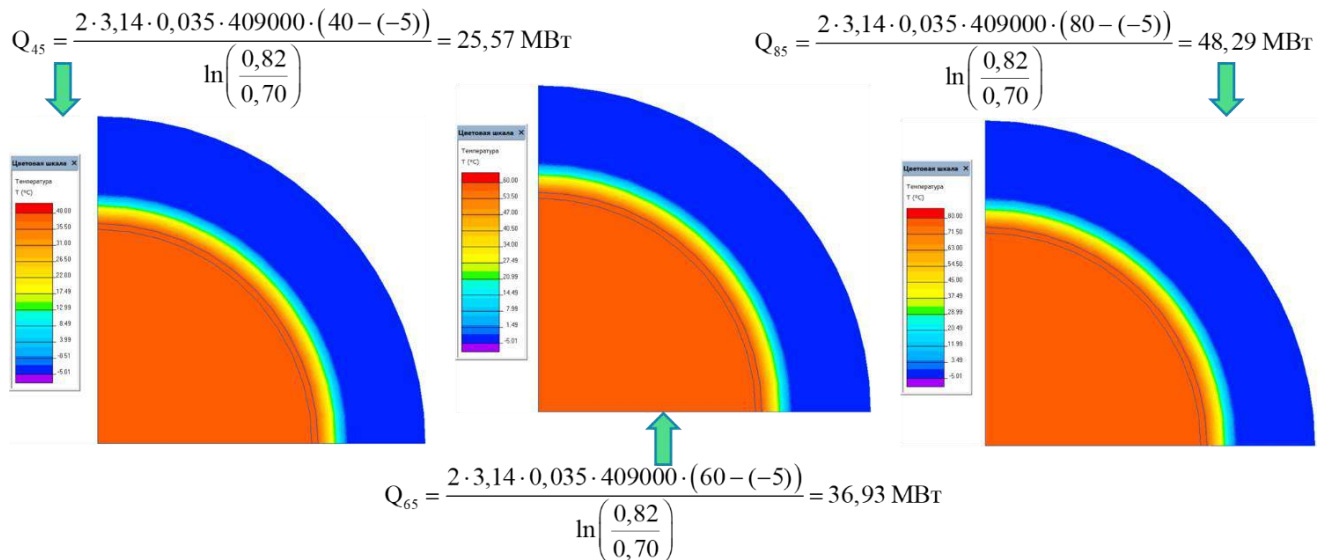


Рисунок 2 – Тепловые потери и распределение температуры для ППУ

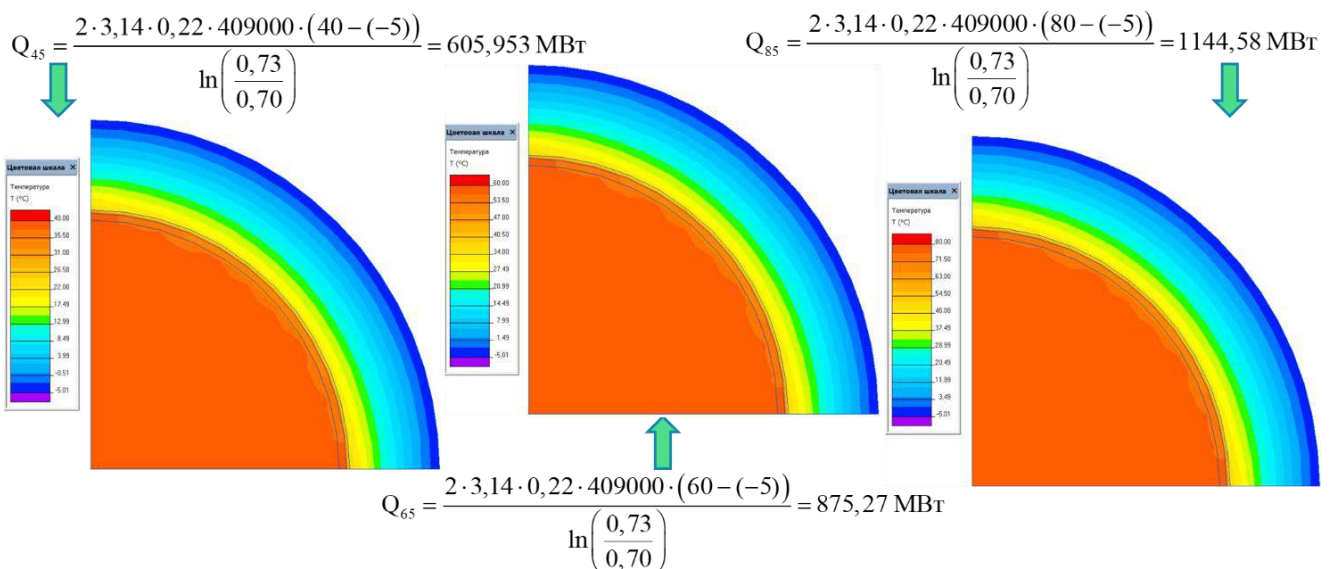


Рисунок 3 – Тепловые потери и распределение температуры для нефтяного битума

Сравнив полученные данные с вычисленными нормами тепловых потерь, было установлено, что только ППУ прошёл критерий по допускаемым потерям, а нефтяной битум и вспененный каучук недостаточно справляются с функцией изоляции (рисунок 5).

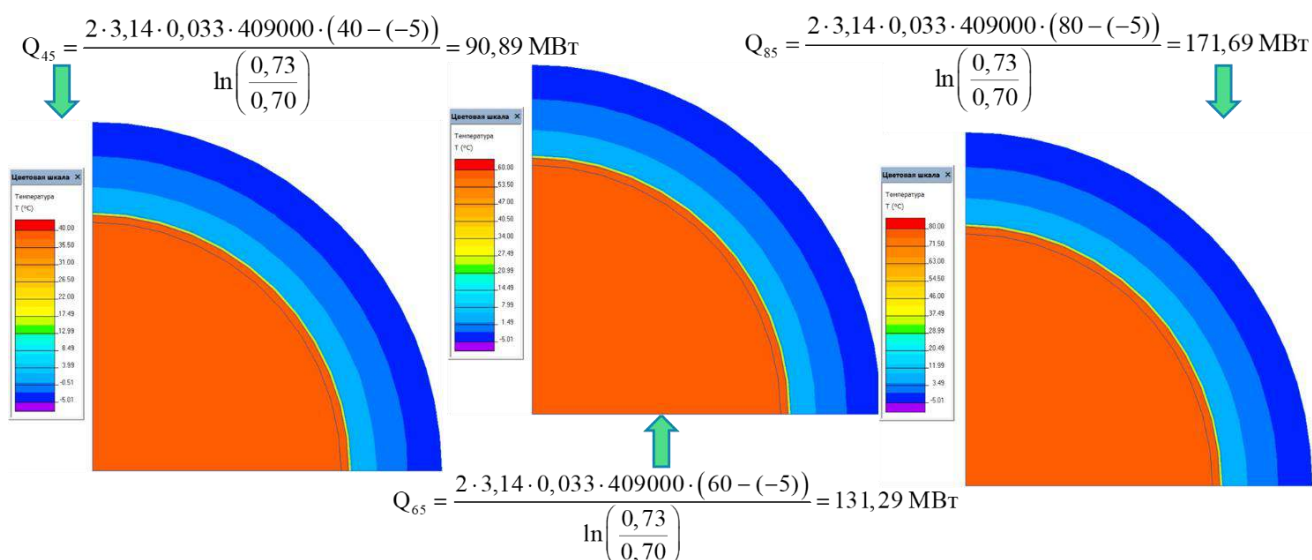


Рисунок 4 – Тепловые потери и распределение температуры для вспененного каучука

	НОРМА ТЕПЛОПOTЕРЬ	ПЕНОПОЛИУРЕТАН	НЕФТЯНОЙ БИТУМ	ВСПЕНЕННЫЙ КАУЧУК
Q_{45}	86,03 МВт	25,57 МВт	605,95 МВт	90,89 МВт
Q_{65}	107,54 МВт	36,93 МВт	875,27 МВт	131,29 МВт
Q_{85}	129,05 МВт	48,29 МВт	1144,58 МВт	171,69 МВт

Рисунок 5 – Анализ полученных результатов

Экономика. Также в исследовании была рассчитана экономическая составляющая, в которой учтены соответствующие затраты на закупку материалов, их расход и затраты на мероприятия по подогреву нефти, результаты на рисунке 6.

МАТЕРИАЛ	ПЕНОПОЛИУРЕТАН	НЕФТЯНОЙ БИТУМ	ВСПЕНЕННЫЙ КАУЧУК
ВИД	БАЛЛОН	ЖИДКОСТЬ	ЛЕНТА
ТОЛЩИНА СЛОЯ	4-5 см	3-5 мм	3-5 мм
СТОИМОСТЬ (ЯНДЕКС.МАРКЕТ)	1000 руб. за 2 м ²	900 руб. за 20 кг (на 1 м ² необходимо 1,5 кг)	1200 за 1,5 м ²
ЦЕНА ЗА 1 М ²	500 руб.	67,5 руб.	800 руб.
ЦЕНА НА ВСЮ ДЛИНУ НЕФТЕПРОВОДА	462,3 млн. руб.	62,4 млн. руб.	739,7 млн. руб.
ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СТАНЦИЯ ПОДОГРЕВА НЕФТИ	НА УЧАСТКЕ 409 КМ НЕОБХОДИМО ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО ЧЕРЕЗ КАЖДЫЕ 100 КМ (4) 2,5*4=10 млн.руб.		
ГОЛОВНАЯ СТАНЦИЯ ПОДОГРЕВА НЕФТИ	9,2 млн. руб.		
ИТОГОВАЯ СТОИМОСТЬ	481,5 млн. руб.	81,6 млн. руб.	758,9 млн. руб.

Рисунок 6 – Экономическое обоснование

Выводы. В ходе работы были рассчитаны тепловые потери различных теплоизоляционных материалов и экономические затраты на их использование:

- оптимальным материалом по нашим расчётам оказался ППУ, ввиду прохождения критерия по норме теплопотерь и не самой высокой стоимости;

- нефтяной битум оказался самым дешевым, но также самым «проницаемым» теплоизолятором, необходимо увеличить толщину слоя данного материала, чтобы снизить потери тепла, но это увеличит его стоимость;

- вспененный каучук находится близко к норме теплопотерь, но является самым дорогим материалом, а увеличение толщины слоя приведёт к ещё большей дороговизне применения.

Библиографический список:

1. Модели и методы анализа проектных решений. Решение дифференциальных уравнений в частных производных: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения специальности 230104 – "Системы автоматизированного проектирования". – Брянск: БГТУ, 2009. – 39с.

СЕКЦИЯ 8. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 331.087

Анализ технического состояния НКТ в условиях коррозии и разработка мер по борьбе с ней

Витязев И.И.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Анализ процесса коррозионного разрушения насосно-компрессорных труб (НКТ) в условиях скважинной коррозии определил, что он зависит от степени минерализации и обводненности скважинного флюида, разгазированной, дебита скважины, наличия компонентов, ускоряющих коррозию. Прогнозирование остаточного ресурса насосно-компрессорных труб является объективной оценкой их технического состояния на различных стадиях эксплуатации для обеспечения оптимального управления надежностью и безопасностью промышленных процессов, осуществляемых при добыче. Определено, что действующая номенклатура методов оценки технического состояния НКТ регулируется ГОСТ 633 и ГОСТ Р 52203. Она нацелена на эффективное выявление отбраковочных дефектов методом количественного сравнения полученных данных с нормативными. Минус данного метода в том, что он не включает в себя мер промежуточного контроля, таких как свойства и структура металла НКТ при протяженном контакте их со скважинной коррозионной средой. Это не позволяет оценить: запас надежности коррозионно-поврежденных труб, возможность их дальнейшей эксплуатации и оценочный остаточный ресурс, зависящий от коррозионной среды.

Чтобы провести анализ существующих методов контроля технического состояния НКТ, нужно изучить нормативные документы

По существующим нормам технический контроль проводят для новых, так и для бывших в эксплуатации труб.

В таких документах, как ГОСТ 633 – 80 [2] и ГОСТ Р 52203 – 2004 [3] данный процесс состоит из следующих операций:

- визуальный контроль;
- инструментальный контроль линейных размеров НКТ;
- контроль качества резьбы труб и муфт;
- дефектоскопию и толщинометрию;
- шаблонирование;
- гидравлические испытания насосно-компрессорных труб;
- покрытие поверхности труб;
- маркировку труб;
- комплектование.

Эта номенклатура оценочного комплекса не содержит этапа оценки этих изменений в условиях длительного контакта металла НКТ со скважинной коррозионной средой. Между тем, это влияние весьма существенно: изменяется площадь поперечного сечения и возникают остаточные концентраторы напряжений из-за коррозионного разрушения поверхности НКТ, а также изменяются прочностные свойства стали в результате электрохимических процессов на контакте с коррозионной средой. Эти изменения сопровождаются уменьшением несущей способности труб и сокращением эксплуатационного ресурса. Дать оценку этим изменениям в текущем и обозримом времени существующий оценочный комплекс не в состоянии без дополнения его этапом контроля прочностных и деформационных изменений структуры металла в коррозионной среде. [4]

Таким образом, совершенствование методов оценки технического состояния НКТ в условиях скважинной коррозии должно быть направлено на обоснование дополнительного оценочного этапа по контролю изменений свойств и структуры металла НКТ при длительном контакте с коррозионной средой. Методологически такой оценочный этап должен содержать необходимый и достаточный набор измерительно-контрольных процедур, обеспечивающих научно обоснованную оценку:

- текущего технического состояния коррозионно-поврежденных насосно-компрессорных труб;
- возможности дальнейшей эксплуатации насосно-компрессорных труб;
- коррозионной совместимости труб и скважинных сред;
- остаточного эксплуатационного ресурса.

Структурная схема предлагаемого совершенствования методов оценки технического состояния насосно-компрессорных труб в условиях скважинной коррозии представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема совершенствования методов оценки технического состояния насосно-компрессорных труб в условиях скважинной коррозии

Основным направлением совершенствования оценки технического состояния НКТ при длительном контакте их с коррозионной средой является дополнение существующего оценочного комплекса этапом контроля прочностных и деформационных изменений структуры металла в условиях скважинной коррозии

До настоящего времени такой этап в оценочном комплексе отсутствует и методологически не сформирован.

Дополнительный оценочный этап, методологически формируется как последовательная система контрольно-измерительных процедур, включающая:

- оценку текущего технического состояния коррозионно-поврежденных НКТ, заключающуюся в отборе контрольных образцов, их визуальном обследовании и приборно-инструментальных измерениях: твердометрии; толщинометрии; определении коррозионных потерь металла и расчета запаса надежности НКТ по остаточному объему; эти сведения являются исходными данными для оценки текущего технического состояния НКТ при сплошной коррозии

их поверхности, а также последующих оценок и расчетных прогнозов возможности дальнейшей эксплуатации коррозионно-поврежденных труб в скважинных или иных условиях;

- оценку возможности дальнейшей эксплуатации НКТ, включающую исследования металлографических и прочностных изменений металла под действием коррозионных сред для сравнения с допускаемыми нормативными значениями с целью расчетного определения допустимой глубины спуска труб в различных скважинных условиях, определение коррозионной совместимости металла труб и скважинных жидкостей с расчетом остаточного эксплуатационного ресурса коррозионно-поврежденных насосно-компрессорных труб по скорости их коррозии в контактной скважинной среде с последующим расчетом вероятного времени наступления предельного состояния.

Проблема повышения долговечности насосно-компрессорных труб в скважинах, продукция которых содержит коррозионо-активные компоненты (сероводород, углекислый газ и др.), решается несколькими путями, из которых наиболее рациональными являются: изготовление насосно-компрессорных труб из коррозионностойких сталей и сплавов, проведение рациональной термической обработки, нанесение на поверхность труб коррозионностойких покрытий, применение ингибиторов коррозии. Изготовление насосно-компрессорных труб из нержавеющей сталей является самым надежным с точки зрения коррозионной и эрозионной стойкости труб. Помимо этого, в этом случае возможно получение труб с более высокими прочностными свойствами.[1]

Одним из эффективных направлений повышения долговечности насосно-компрессорных труб в скважинах, продукция которых содержит углекислый газ и сероводород, является применение в качестве конструкционного материала алюминиевых сплавов.

Перспективным способом защиты стальных насосно-компрессорных труб от водородного охрупчивания в условиях сероводородсодержащих нефте- и газопромысловых сред могут стать гальванические титановые покрытия.

Основными полимерными материалами, применяемыми для предотвращения отложений парафина и защиты от коррозии, являются эпоксидные смолы, бакелитозпоксидные композиции и бакелитовый лак. Лакокрасочные покрытия эластичны и допускают некоторые остаточные деформации при транспортировании труб и их эксплуатации.

Заключение:

В статье были рассмотрены существующие методы оценки технического состояния НКТ регламентируемые ГОСТ 633 и ГОСТ Р 52203. Проведен анализ данных методов и предложено их совершенствование. Также рассмотрены пути повышения долговечности насосно-компрессорных труб, эксплуатируемых в условиях скважинной коррозии.

Работа имеет большое практическое значение, так как совершенствование методов оценки технического состояния НКТ позволит более точно определить остаточный ресурс, а повысив долговечность труб рассмотренными методами, продлит их срок службы.

Научная значимость материала заключается в анализе технического состояния НКТ в условиях коррозии и разработка мер по борьбе с ней.

Практическая ценность работы заключается в совершенствовании методов оценки технического состояния НКТ и применение мер по повышению долговечности насосно-компрессорных труб.

Библиографический список:

1. Бабаев С. Г. Надежность и долговечность бурового оборудования [Текст] / С. Г. Бабаев. – М.: Недра, 1974. – 184 с.
2. ГОСТ 633-80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним [Текст]. – Введ. 1983-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 22с.
3. ГОСТ Р 52203 – 2004. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия [Текст]. – Введ. 2004-01-19. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 54с.
4. Саакиян Л. С., Ефремов А. П. Защита нефтегазопромыслового оборудования от коррозии [Текст] / Л. С. Саакиян, А. П. Ефремов. – М.: Недра, 1982. – 227с

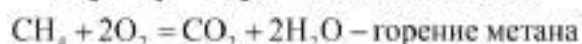
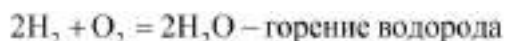
Методика расчёта топливной системы и камеры сгорания для адаптации газотурбинной установки к работе на метано-водородном топливе

Автамонов В.А.

Научный руководитель – Борейко Д.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность. Предполагается, что в скором будущем в энергетическом секторе природный газ должен будет уступить место более перспективному водородному топливу. Почему водород? Данный газ является самым экологически чистым и эффективным видом топлива. В доказательство данного тезиса приведем некоторые доводы, характеризующие преимущества водорода. H_2 безопасен и нетоксичен для окружающей среды, поскольку в процессе горения образует только воду, при этом не выделяя углекислый газ (CO_2), в отличие от природного газа.



H_2 имеет большой потенциал для применения его в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, поскольку имеет большую (в 3 раза!) эффективность, нежели бензин или дизельное топливо (калорийность водорода – 33800 ккал/кг, бензина – 11250 ккал/кг, дизтоплива – 10700 ккал/кг). Его свойства обеспечивают возможность увеличить КПД тепловых двигателей и энергетических установок, причем реальный цикл установки при работе на H_2 стремится к теоретическому по сравнению с любым углеводородным топливом. Применение метано-водородного топлива способствует снижению токсичности выбросов в 35–40%, объема выбросов парниковых газов, эксплуатационного расхода топлива.

Учитывая идею использования метано-водородных смесей в качестве топлива для газотурбинных двигателей, применяемых в качестве привода газоперекачивающих агрегатов (ГПА), необходимо иметь инженерные методики по расчету топливной системы и камеры сгорания двигателей, работающих на таком топливе.

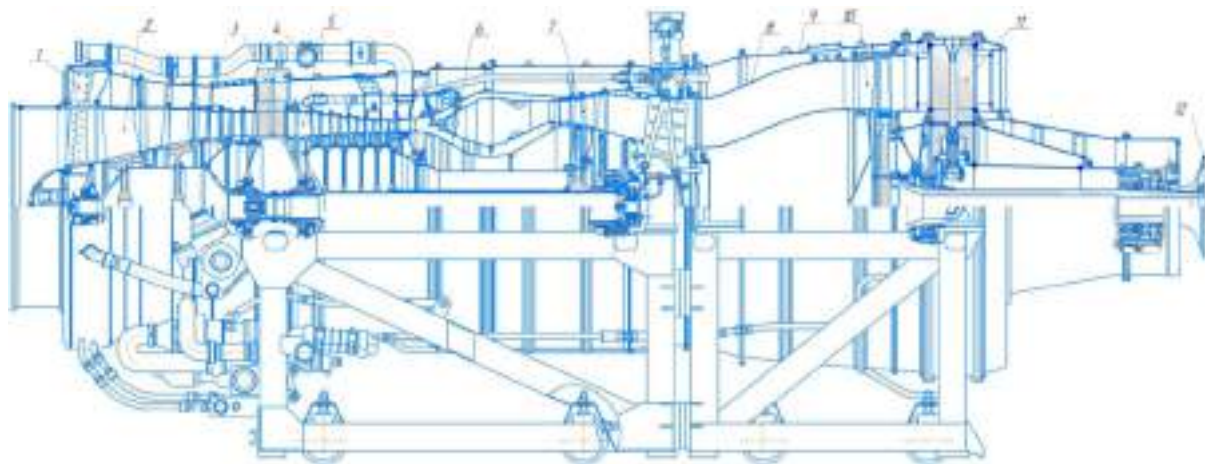
Методика расчёта состоит из 3-х частей, а именно: 1 – определение теплофизических характеристик газообразного топлива; 2 – расчет топливной системы; 3 – расчет камеры сгорания.

Предмет исследования. Расчёт будем проводить на примере газотурбинной установки НК-16СТ (схема представлена на рисунке 1).

Основные параметры данной установки сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры ГТУ НК-16СТ

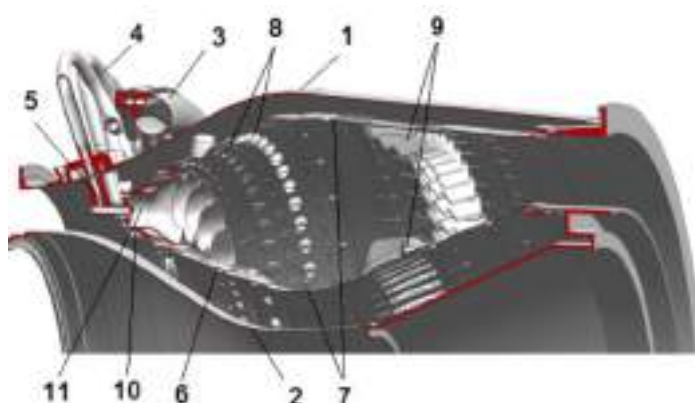
Наименование параметра	Значение
Мощность, МВт	16
Эффективный КПД, %	29
Степень повышения давления	8,85
Расход топливного газа, кг/час	4240
Расход рабочего тела, кг/сек	98
Температура газа перед турбиной, К	1100
Частота вращения силовой турбины, об/мин	5300
Температура газов на выходе из СТ, °С	450



1 – входной направляющий аппарат (ВНА); 2 – компрессор НД; 3 – средняя опора; 4 – регулируемый направляющий аппарат; 5 – компрессор ВД; 6 – камера сгорания; 7 – турбина газогенератора; 8 – трактовая оболочка соплового аппарата свободной турбины; 9 – наружная оболочка свободной турбины; 10 – свободная турбина; 11 – опора свободной турбины; 12 – выходная муфта

Рисунок 1 – Схема ГТУ НК-16СТ

Устройство камеры сгорания (рисунок 2) данной установки даёт возможность проводить однозонное диффузионное горение. Такой тип горения оптимален для реализации сжигания газов различного состава.



1 – наружный корпус; 2 – внутренний корпус; 3 – газовый коллектор; 4 – трубопроводы для подачи топлива к форсункам; 5 – форсунки; 6 – жаровая труба; 7 – кожухи; 8 – отверстия кожухов; 9 – патрубки смесителей; 10 – фронтное устройство; 11 – горелки

Рисунок 2 – Камера сгорания ГТУ НК-16СТ

1 часть расчёта. На этом этапе рассчитываются теплофизические характеристики метано водородной смеси, а именно его низшая теплота сгорания и стехиометрический коэффициент. Необходимые данные для расчёта приведены в таблице 2.

Молярная концентрация каждого компонента C_i , моль/м³:

$$C_i = \frac{V_i}{0,02404} \quad (1)$$

где 0,02404 м³/моль – молярный объём идеального газа при н.у. (T=293 К, p=101325 Па).

Массовая концентрация каждого компонента в 1 м³ газа Y_i , кг/м³:

$$Y_i = C_i M_i \quad (2)$$

Плотность метано-водородной смеси ρ , кг/м³:

$$\rho = \sum_i \rho_i = \sum_i Y_i \quad (3)$$

Таблица 2 – Данные для определения теплофизических характеристик

Компонент	Молярная масса M_i , кг/моль	Низшая теплота сгорания H_{ui} , МДж/кг	Объёмная доля v_i , %	Масса кислорода, необходимая для полного сгорания 1 кг вещества m_{0i} , кг
Этан C_2H_6	0,0301	47,5	0,016	3,73
Водород H_2	0,002016	119,83	0,299	7,9
Метан CH_4	0,016042	50	0,685	3,99

Массовая доля каждого компонента ω_i :

$$\omega_i = \frac{\rho_i}{\rho} \quad (4)$$

Низшая теплота сгорания H_{uMB} , МДж/кг

$$H_{uMB} = \sum \omega_i H_{ui} \quad (5)$$

Количество кислорода m_0 , необходимое для сгорания 1 кг метано-водородной смеси, кг

$$m_0 = \sum \omega_i m_{0i} \quad (6)$$

Стехиометрический коэффициент L_0 , кг(воздуха)/кг(топлива):

$$L_0 = \frac{m_0}{0,232} \quad (7)$$

где 0,232 кг – количество кислорода в 1 кг воздуха.

Расход метано-водородной смеси на номинальном режиме работы ГТУ G_{MB} , кг/с:

$$G_{MB} = \frac{G_{ПГ} \cdot H_{uПГ}}{H_{uMB}} \quad (8)$$

где $G_{ПГ}=1,179$ кг/с – расход природного газа на номинальном режиме работы ГТУ;

$H_{uПГ}=49,84$ МДж/кг – низшая теплота сгорания природного газа.

Результаты 1-й части расчёта сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения теплофизических характеристик

Этан	Водород	Метан
$C_э = \frac{0,016}{0,02404} = 0,067 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^3}$	$C_в = \frac{0,299}{0,02404} = 12,44 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^3}$	$C_м = \frac{0,685}{0,02404} = 28,49 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^3}$
$Y_э = 0,067 \cdot 0,0301 = 0,002 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	$Y_в = 12,44 \cdot 0,002016 = 0,025 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	$Y_м = 28,49 \cdot 0,016042 = 0,457 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$
$\rho = 0,002 + 0,025 + 0,457 = 0,484 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$		
$\omega_э = \frac{0,002}{0,484} = 0,004$	$\omega_в = \frac{0,025}{0,484} = 0,052$	$\omega_м = \frac{0,457}{0,484} = 0,944$
$H_{uMB} = 0,004 \cdot 47,5 + 0,052 \cdot 119,83 + 0,944 \cdot 50 = 53,62 \frac{\text{МДЖ}}{\text{КГ}}$		
$m_0 = 0,004 \cdot 3,73 + 0,052 \cdot 7,9 + 0,944 \cdot 3,99 = 4,19$ кг		
$L_0 = \frac{4,19}{0,232} = 18 \frac{\text{КГ ВОЗД.}}{\text{КГ ТОПЛ.}}$		
$G_{MB} = \frac{1,179 \cdot 49,84}{53,62} = 1,1 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$		

2 часть расчёта. На этом этапе производится расчёт топливной системы, в которую входят топливный коллектор, топливопроводы и форсунки.

Расход через топливную систему камеры сгорания G_K , кг/с:

$$G_K = \mu F_\Phi \sqrt{2\rho(p_{\text{вх}} - p_K)} \quad (9)$$

где $\mu=0,731$ – коэффициент расхода топливной системы через камеру сгорания;
 $F_\Phi=0,000845 \text{ м}^2$ – суммарная площадь отверстий форсунок;
 $p_{\text{вх}}$ – статическое давление топливного газа на входе в топливный коллектор;
 $p_K=941438,4 \text{ Па}$ – статическое давление воздуха в камере сгорания;
 ρ – плотность топливного газа:

$$\rho = \frac{p_{\text{вх}}}{R_\Gamma T} \quad (10)$$

где R_Γ – газовая постоянная (519 Дж/(кг·К) – для ПГ, 688 Дж/(кг·К) – для МВС)
 $T=293 \text{ К}$ – температура.

Подставим (10) в (9), умножим обе части уравнения на множитель $\frac{\sqrt{T}}{p_{\text{вх}}}$ и проведём некоторые преобразования, в результате получим:

$$\frac{G_K \sqrt{T}}{p_{\text{вх}}} = \frac{G_K \sqrt{T}}{p_K \cdot \bar{p}} = \mu F_\Phi \sqrt{\frac{2}{R_\Gamma} \left(-\frac{1}{\bar{p}} \right)} \quad (11)$$

где $\bar{p} = \frac{p_{\text{вх}}}{p_K}$.

Параметры $\frac{G_T \sqrt{T}}{p_{\text{вх}}}$ и $\frac{G_K \sqrt{T}}{p_{\text{вх}}}$ являются расходными характеристиками топливной системы двигателя и топливной системы камеры сгорания, соответственно. Далее графически найдём значение параметра \bar{p} , а именно построим кривые по формуле (11) для различных значений данного параметра и найдём их точку пересечения. В итоге получаем 2 графика – для природного газа (рисунок 3) и для метано-водородной смеси (рисунок 4).

По рисунку 3 видим, что кривые пересекаются в точке $\bar{p}=1,28$, что соответствует давлению на входе в топливную систему камеры сгорания

$$p_{\text{вх}} = 1,28 \cdot 941438,4 = 1205041 \text{ Па} = 12,29 \text{ кгс / см}^2.$$

По рисунку 4 видим, что при использовании форсунок со стандартными диаметрами отверстий $d_{\text{отв}}=2,9 \text{ мм}$ ($F_\Phi=0,000845 \text{ м}^2$) кривые пересекаются в точке $\bar{p}=1,25$, что соответствует давлению на входе в топливную систему камеры сгорания

$$p_{\text{вх}} = 1,25 \cdot 941438,4 = 1176798 \text{ Па} = 12 \text{ кгс / см}^2$$

Для того чтобы кривые пересекались в точке $\bar{p}=1,28$ (как при работе двигателя на природном газе) необходимо диаметр отверстий форсунок увеличить до $d_{\text{отв}}=3 \text{ мм}$ ($F_\Phi=0,0009 \text{ м}^2$).

По результатам 2-й части расчёта выработаны рекомендации по доработке топливной системы для работы на метано-водородной смеси: 1) требуется изменение диаметра трубопроводов подвода газа к форсункам; 2) требуется увеличение внутренних каналов форсунки и диаметров отверстий для струйной подачи газа.

3 часть расчёта. На этом этапе производится оценка достаточности объёма жаровой трубы для сжигания заданного расхода топливно-воздушной смеси. Для расчёта используется параметр объёмной теплонапряженности Q_v .

$$Q_v = \frac{G_B \cdot H_u \cdot \eta_\Gamma}{\alpha \cdot L_0 \cdot V_{\text{ж}} \cdot P_K^*} \quad (12)$$

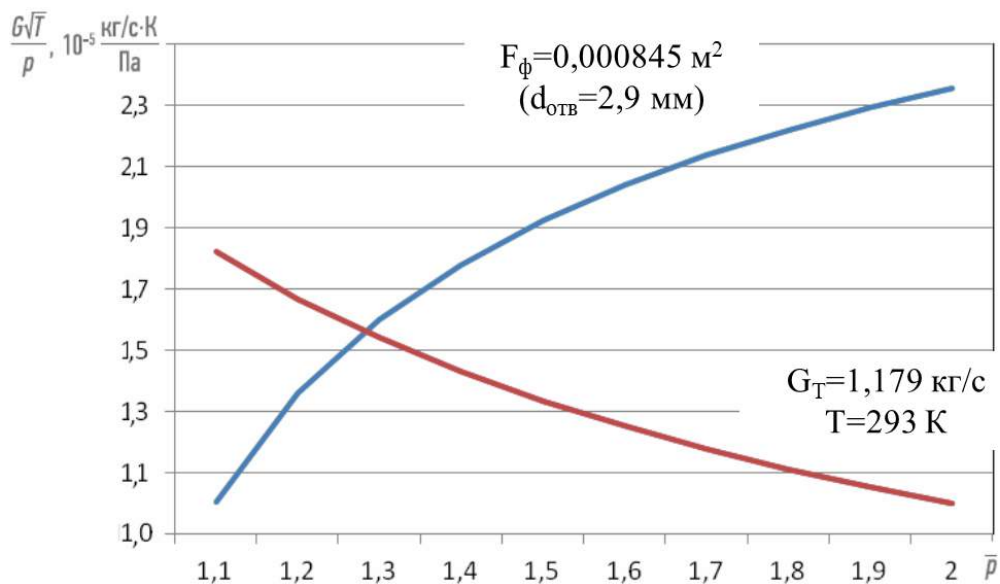


Рисунок 3 – Расходные характеристики топливной системы двигателя и топливной системы камеры сгорания при работе двигателя на природном газе

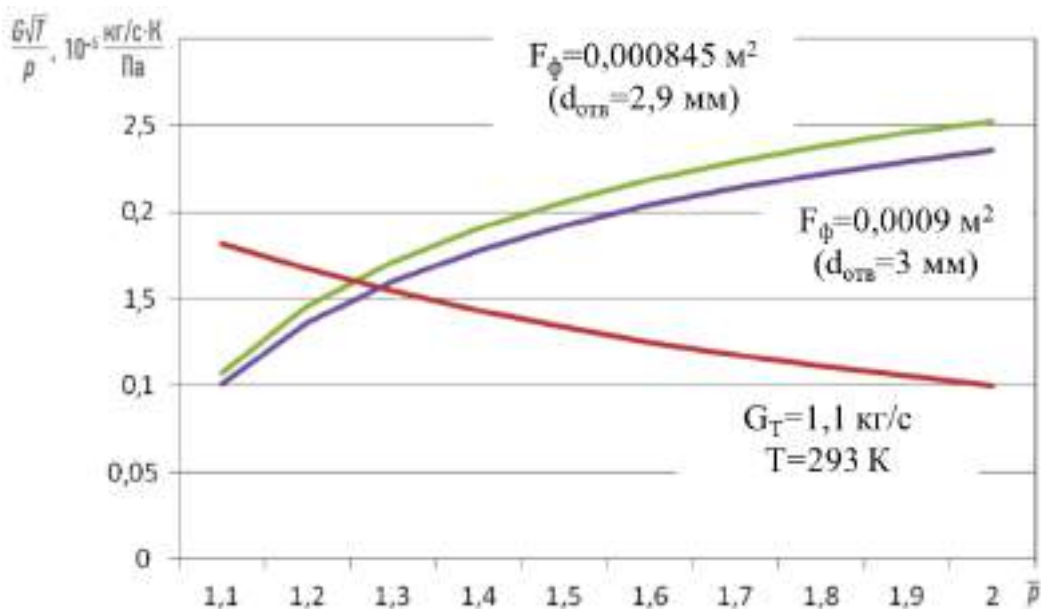


Рисунок 4 – Расходные характеристики топливной системы двигателя и топливной системы камеры сгорания при работе двигателя на метано-водородной смеси

Норма данного параметра для современных камер сгорания составляет $Q_v=(1,2\div 6,5)\cdot 10^6$ Вт/м³. По результатам расчёта для природного газа получилось $Q_v=3,12\cdot 10^6$ Вт/м³; а для метано-водородной смеси $Q_v=3,14\cdot 10^6$ Вт/м³, что говорит о попадании в нормальный диапазон. Результат расчёта демонстрирует достаточность объёма жаровой трубы, необходимость в изменении конструкции отсутствует.

Вывод. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что использование МВС в качестве топливного газа газотурбинной установки НК-16СТ вполне вероятно, но в связи с различиями свойств природного газа и МВС необходимы некоторые изменения конструкции ГТУ.

Библиографический список:

1. Бакланов А. В. Возможность использования метано-водородного топлива в конвертированных газотурбинных двигателях для энергетических установок // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22, № 1. С. 82–93.

Оптимизация затрат путём замены насосных агрегатов JN-320 производства NovaRotors на насосные агрегаты Netzsch для перекачки нефтеперекачивающей жидкости с повышенным содержанием механических примесей

Балин С.А.

ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», НИПП «Яреганефть», пгт. Ярега, Россия

Нефтешахтное производственное предприятие Яреганефть осуществляет добычу нефти термошахтным способом, после разогревания пласта, нефть из скважины по канавкам поступает в емкость зумпф, где откачивается на центральную нефтеперекачивающую станцию для подготовки до товарного состояния.

На сегодняшний день с уклонных блоков нефтешахт для откачки НСЖ, преимущественно применяются центробежные и винтовые насосные агрегаты. В связи с наличием большого количества механических примесей в перекачиваемой жидкости, все больше внедряются винтовые насосные агрегаты более устойчивые к механическим примесям. Основные проблемы применяемого на нефтешахтах насосного оборудования это высокая стоимость насосных агрегатов, запасных частей и низкое значение межремонтного периода.

Основное предназначение винтовых насосных агрегатов (рисунок 1), устанавливаемых в шахтах это транспортировка нефтесодержащей жидкости из уклонных блоков. Одновинтовой насосный агрегат состоит из двух основных частей самого насоса и электродвигателя. Гидравлическая часть насоса состоит из главных элементов статорная часть и ротор подвижная часть. [1]

Принцип действия насоса агрегата заключается в следующем: при вращении вала электродвигателя крутящий момент передается на приводной вал и тем самым вращает ротор насоса. При поступлении нефтесодержащей жидкости через всасывающий патрубок жидкость поступает в образовавшиеся пустые полости насоса и при вращении ротора толкает жидкость к напорному патрубку, тем самым приобретая необходимый напор и подачу.



Рисунок 1 – Одновинтовой насосный агрегат

Главным преимуществом одновинтового насоса является способность перекачивать практически любые жидкости, в том числе высоковязкие, содержащие газовые и твердые включения. Нарботка центробежных насосов в условиях нефтешахт составляет 9000 машин часов, при эксплуатации внедряемых винтовых насосов наработка составит 15 000 машин часов.

Содержание твердых включений в нефтесодержащих жидкостях, оказывает негативное влияние на работу винтового насоса. [2]

Проанализированы отказы винтовых насосов с 2019 по 2020 года, 87 % всех отказов оборудования в уклонных блоках приходится на механическое повреждение эластичной обкладки насоса, 10 % составляет износ роторной части насоса, остальные 3 процента отказов это износ и разрушение уплотнения приводного вала и элементов шарнирного соединения.

Основным рабочим органом винтового насоса является статор, состоящий из резинового цилиндра с многошаговой винтовой внутренней поверхностью, закрепленного в металлическом корпусе. Одной из основных причин отказов статора является разрушение резиновой обложки.

Под влиянием большого количества абразивной твердой фазы, происходит критический износ резиновой обоймы. Как следствие резко возрастают объемные утечки, соответственно снижается подача винтового насосного агрегата, поэтому при высоком содержании твердых включений в жидкости обычно стремятся применять резины менее твердые и более упругие (износостойкие), с меньшими остаточными деформациями. [1]

Характеристики винтовых насосов, установленных в уклонных блоках SN-500 и JN-320, предлагаемое оборудование NM148 производства Нетч и отечественное оборудование, производимое в Белгородском гидромеханическом заводе.

Проанализировав паспортные данные предлагаемых насосов и стоимость насосных агрегатов, наилучшими показателями обладает насосный агрегат NM148 производства Нетч, по следующим преимуществам это концентрация твёрдых веществ увеличена до 20%, сокращен срок поставки запасных частей и срок службы насоса на отказ составляет 15 лет. У Итальянских конкурентов высокая цена на оборудование, и низкий срок службы насоса на отказ 5 лет, отечественное оборудование уступает в низкой производительности, что не соответствует перекачиваемым объемам.

Применяемое оборудование соответствует промышленной безопасности для обслуживающего персонала, так как на объемном оборудовании используется сбросной пружинный предохранительный клапан, который в случае повышения давления будет сбрасывать поток жидкости через байпасную линию, в статорную часть насоса встроен датчик от защиты сухого хода, при повышении предусмотренной температуры двигатель насосного агрегата отключается, датчик сухого хода помещен во взрывозащищенный шкаф для исключения искрообразования.

Насос производства Нетч оснащен цапфово-крестовым шарниром с двойных уплотнений, что в свою очередь позволяет эксплуатировать насосный агрегат с высокими длительными нагрузками.

При эксплуатации винтовых насосных агрегатов выполняются следующие ремонтные работы:

- Техническое обслуживание включает в себя: замена манжета шарнира, масла и сальниковой набивки насоса, и выполняется раз в 1 месяц;

- Технический ремонт выполняется 1 раз в квартал и включает в себя: замену статора при необходимости;

- Капитальный ремонт в объем которого входит: замена шарниров, редуктора, ротора, соединительной тяги, подшипниковой стойки и корпуса, такой вид ремонта выполняется 1 раз в год.

При выполнении одинаковых количествах ремонтных работ двух винтовых насосов, затраты на обслуживание оборудования NM148 сократятся на 4 904 732 р

В рамках реализации паспорта инициативы в 2021 году в НШПП Яреганефть приобретается насосный агрегат марки Нетч в кол-ве 2 единиц для монтажа в уклонном блоке 1-3Д-Юг нефтешахты №1. В 2022 году монтируется насосное оборудование и вводится в эксплуатацию, где уже учитываются затраты на техническое обслуживание, капитальный ремонт в первый год эксплуатации не выполняется, в 2023 году полностью производятся все виды ремонтных работ, а также проверяется срок службы оборудования.

При внедрении насосного агрегата производства Нетч вместо JN-320 производства Ново Роторс, доход от мероприятия с 2021 года по 2023 года составит 26 773 тыс. руб за 2 единицы насосного оборудования.

При экономии средств от внедрения винтовых насосов производства Нетч в уклонном блоке 1-3Д-Юг нефтешахты № 1, целесообразно спрогнозировать экономический эффект при ранжировании в другие уклонные блоки нефтешахт №1, №2 и №3.

При постепенном внедрении насосного оборудования производства Нетч в замены уже эксплуатирующихся винтовых насосов SN-500 в уклонные блоки нефтешахты № 1, доход от мероприятия на ближайшие 15 лет составит 3 483 600 000 р.

Аналогичный подход замены предлагаемого насосного оборудования взамен SN-500 экономический эффект составит 1 161 200 000 р.

Соответственно на Нефтешахте № 3 доход от прогнозируемого мероприятия составит 1 850 000 000 рублей.

Экономический эффект при внедрении насосного оборудования во всем нефтешахтном производственном предприятии составит 6 494 800 000 р.

Возможные риски от реализации данной работы является неконтролируемое повышение цен заводом-изготовителем.

Использование насосных агрегатов производства Нетч для перекачки НСЖ с повышенным содержанием механических примесей в условиях нефтешахт является эффективным и экологически оправданным мероприятием, которое позволит снизить затраты на приобретение, обслуживание насосного оборудования, применяемого в условиях нефтешахт, а также увеличить его срок службы

Библиографический список:

1. Крылов А.В. Одновинтовые насосы. –М.: Гостоптехиздат, 1962. – 154с.
2. Балденко Д.Ф. Винтовые гидравлические машины // Машины и нефтяное оборудование. - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1983.

УДК 331.087

Анализ современного состояния и перспектив развития водогнетательной арматуры

Белых А.Д.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Ответственность нагнетательной арматуры в технологическом процессе закачки обусловлена совокупностью функций, надежное исполнение которых способствует непрерывности технологических процессов по отключению, распределению и регулированию.

По мере увеличения срока эксплуатации основные элементы арматуры теряют свою надежность вследствие их износа и появления дефектов. Своевременная и качественная оценка технического состояния арматуры и устранение выявленных дефектов повышает их надежность при эксплуатации. Защита материалов от износа и коррозии является одним из важных направлений развития материалов для машиностроения, успешное продвижение по которому позволяет значительно повысить качество и долговечность работы оборудования, существенно увеличить производительность труда, сэкономить материальные, трудовые и энергетические ресурсы.

Оборудование проекту нагнетательных reduce скважин арматуры включает (рисунок 1):

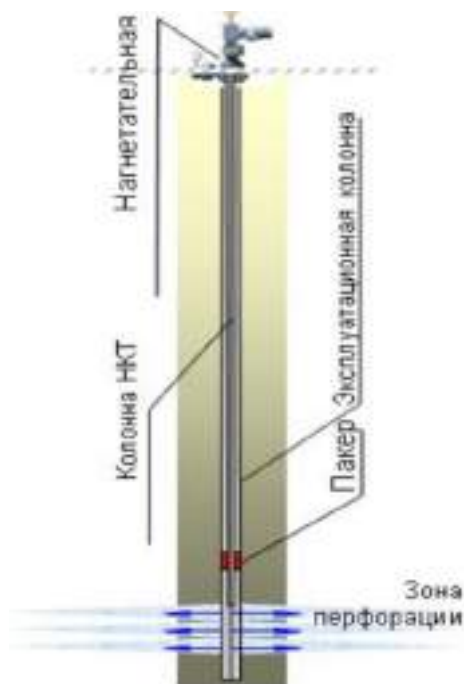
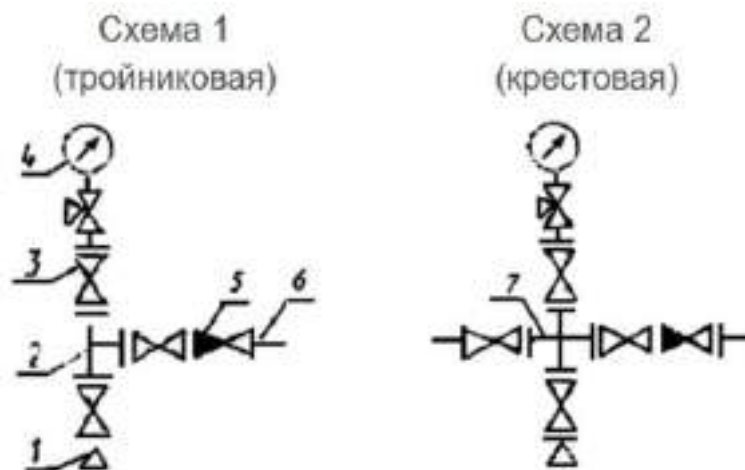


Рисунок 1 – Оборудование нагнетательных скважин

Нагнетательная арматура предназначена для герметизации устья нагнетательных скважин в процессе нагнетания в скважину воды (газа), для выполнения ремонтных работ, проведения мероприятий по увеличению приемистости пласта и исследовательских работ, осуществляемых без прекращения закачки. Основные части арматуры – трубная головка и елка.[4]

Типовые схемы исполнения нагнетательной елки (рисунок 2):

1. Тройниковая;
2. Крестовая.



1 - переводник к трубной головке; 2 - тройник; 3 - запорное устройство; 4 - манометр с запорно-разрядным устройством; 5 - обратный клапан; 6 - ответный фланец; 7 - крестовина

Рисунок 2 – Типовые схемы нагнетательной елки

Для определения текущего состояния и выделения недостатков конструкций тройник нагнетательных скважин был проведен анализ имеющихся конструкций и их технических характеристик. Технические характеристики устьевого оборудования нагнетательных скважин представлены в таблице 1.

Исходя из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что самой оптимальной нагнетательной арматурой является арматура АНК1-65х21 из-за средних значений по габаритным размерам и массе.

К конструкции нагнетательных скважин предъявляются следующие требования:

1. Оборудование устья нагнетательной скважины должно соответствовать проекту
2. Нагнетательные скважин, независимо от физико-химических свойств закачиваемого агента, должны оборудоваться колонной НКТ и, при необходимости пакерующим устройством, обеспечивающими защиту и изоляцию эксплуатационной колонны от воздействия на нее закачиваемого агента;

3. Для исключения замерзания воды в арматуре скважины и системе нагнетания при остановках необходимо предусматривать полное удаление воды из арматуры и системы подачи рабочего агента и заполнение указанного оборудования незамерзающей жидкостью.[1]

Устье нагнетательной скважины оборудуется стандартной арматурой, рассчитанной на максимальное ожидаемое при закачке технологических жидкостей давление. Арматура должна обеспечивать герметичность скважины, подвеску насосно-компрессорных труб, процессы восстановления приемистости, измерение давления и приемистости скважины.[2]

В настоящее время для нагнетательных скважин используется устьева арматура АНК1-65х21 (рисунок 3) и нагнетательная малогабаритная устьева арматура АНК 65х21К1М (рисунок 4).

Преимуществами данных конструкций являются:

1. Конструкция позволяет установку арматуры как на оборудование обвязки обсадных колонн, так и непосредственно на обсадную трубу через колонный фланец.

2. Материалы, использованные для изготовления ЗПШ, позволяют эксплуатировать данную арматуру в коррозионно-активной среде (исполнение К1).

3. Арматура фонтанная может использоваться проведен в качестве трубную нагнетательной.

4. Универсальность арматуры (фонтанная, электронасосная, нагнетательная).

5. Съёмный кабельный ввод, выполненный на резьбе НКТ60.

Таблица 1 - Технические характеристики устьевого арматуры нагнетательных скважин

Показатели	Арматура		
	АНК1-65'21	АНК1-65'35	АНК-65'21
Условный проход ствола и боковых отводов, мм	65	65	65
Запорное устройство (прямоточная задвижка)	ЗМС1	ЗМС1	ЗМ
Давление, МПа:	21	35	21
- рабочее	42	70	42
- пробное			
Скважинная среда	коррозионная (вода техническая, сточная нефтепромысловая и морская с содержанием механических примесей не более 25 мг/л, размером твердых частиц не более 0,1 мм) до 6% CO ₂ и H ₂ S		
Габаритные размеры, мм:	1600	1780	1075
-длина	635	820	680
-ширина			
-высота	2130	2310	1195
Масса арматуры, кг	743	962	580

Каждая арматура в сборе, а также ее составные части: фонтанная елка и трубная головка, при их отдельной поставке испытываются в условиях завода гидравлическим давлением 42 МПа на прочность и плотность соединений и материала, и давлением 21 МПа - при испытаниях на герметичность затворов запорных устройств.

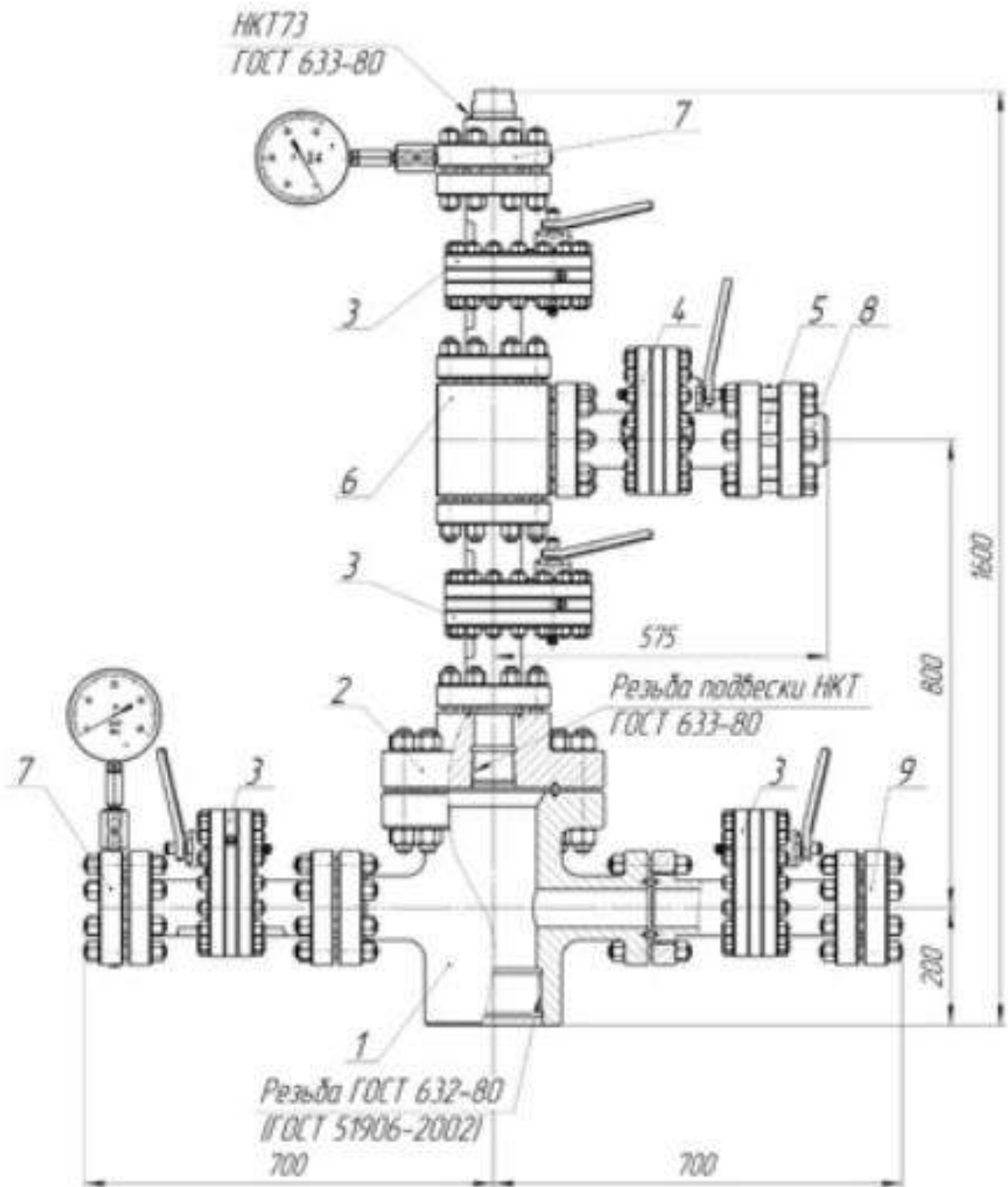
Недостатками известных конструкций являются:

1. Низкая надежность из-за большого числа соединений, работающих под давлением, неудобство в обслуживании вследствие большой металлоемкости и габаритов, в том числе и высоты.

2. Наличие застойных зон вызывают затруднения при теплоизоляции и способствуют быстрому замерзанию устьевого оборудования при низких температурах.

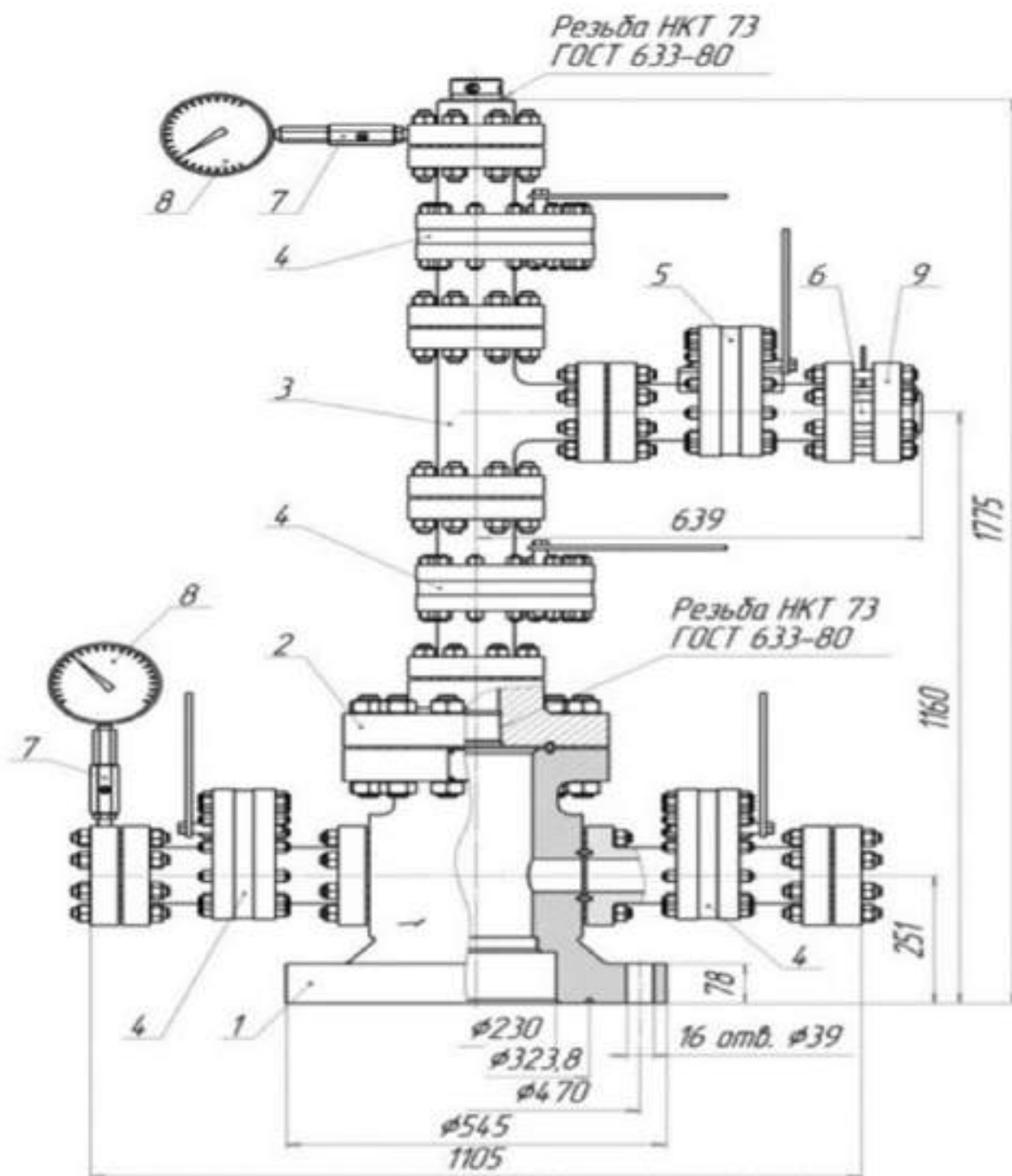
Из анализа недостатков используемых конструкций основными перспективами развития является сокращение габаритов арматуры и предупреждение замерзания воды в застойных зонах. Для этого предложено 2 варианта усовершенствования конструкции:

1. Увеличить надежность и снизить эксплуатационные затраты возможно за счет сокращения узлов и соединений, работающих под давлением, т. е. тройник, переводник и трубную головку выполнить в единой детали, в которой центральное отверстие с резьбой и отводным каналом образуют переводник с тройником, при этом боковое отверстие с отводным вспомогательным каналом образуют трубную головку. Упрощение конструкции и уменьшение металлоемкости и габаритов ведет, в свою очередь, к снижению материальных и финансовых затрат на изготовление, обслуживание и ремонт.



1. Головка трубная; 2. Переводник; 3. Задвижка ЗД-65-210М; 4. Задвижка ЗД65-210М (ЗДШ65-210М для АНК1Ш); 5. Клапан обратный; 6. Тройник; 7. Устройство контроля и сброса давления; 8. Фланец ответный; 9. Заглушка

Рисунок 3 – Конструкция нагнетательной арматуры АНК1 - 65 x 21



1. Крестовина; 2. Переводник; 3. Тройник; 4. Задвижка дисковая (ЗД);
 5. Задвижка дисковая (ЗД) (для арматуры АФК1Ш – задвижка дисковая штуцерная ЗДШ);
 6. Клапан обратный; 7. Запорно-разрядное устройство (вентиль манометрический);
 8. Манометр; 9. Фланец ответный

Рисунок 4 – Конструкция нагнетательной арматуры АНК1 - 65 x 21К1М

Арматура устьевая для нагнетательных скважин (рисунок 5), включающая трубную головку 1, переводник 2 для подвески колонны НКТ, тройник 3, концевые задвижки 4, 5 и 6, устройства контроля и сброса давления 7 и 8. Тройник 3, переводник 2 и трубная головка 1 выполнены в единой детали 9, в которой центральное отверстие 10 с резьбой 11 и отводным каналом 12 образуют переводник 2 с тройником 3. Боковое отверстие 13 с отводным вспомогательным каналом 14 в единой детали 9 образуют трубную головку 1. [5]

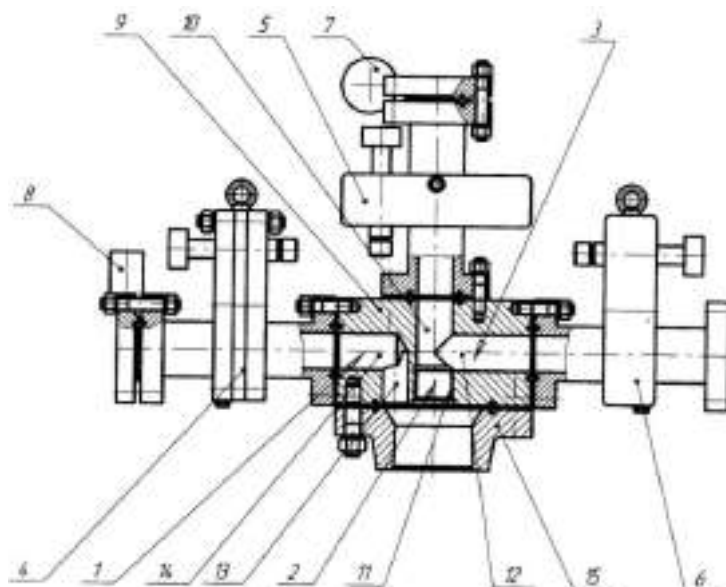
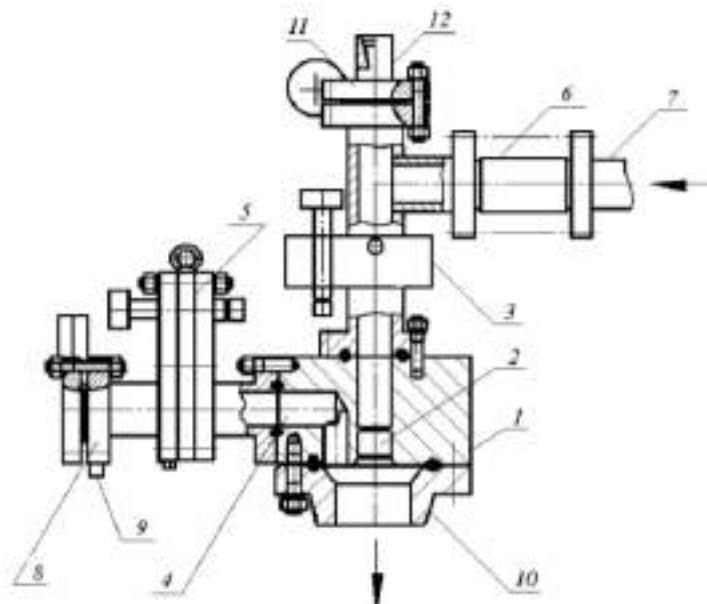


Рисунок 5 – Арматура устьевая для нагнетательных скважин

2. Повысить надежность работы устьевой арматуры нагнетательной скважины в зимнее время возможно сокращением количества застойных зон (без движения воды) в технологических каналах и в патрубках устьевой арматуры, а также облегчением установки и снятия арматуры в сборе (без ее разборки). Предлагается усовершенствованная конструкция устьевой арматуры (рисунок 6), включающая трубную головку, переводник и тройник в едином корпусе, в котором выполнены технологические каналы, причем напорная линия присоединена к центральному каналу через механически регулируемый штуцер, а застойные зоны патрубков снабжены пробками на фланцах для удаления воды и замены ее на антифриз. Фланец центрального канала снабжен муфтой с возможностью присоединения подъемного патрубка. [3]



1 – единый корпус (трубная головка, переводник для подвески колонны НКТ);
 2 – центральный канал; 3 – концевая задвижка; 4 – выкидной канал; 5 – концевая задвижка выкидного канала; 6 – механически регулируемый штуцер напорной линии;
 7 – напорная линия; 8 – патрубок с фланцем; 9 – пробка для слива воды и залива антифриза; 10 – колонный фланец; 11 – фланец центрального канала; 12 – муфта фланца центрального канала

Рисунок 6 – Арматура устьевая для нагнетательных скважин

Заключение:

В работе были рассмотрены различные конструкции арматуры для нагнетательных скважин и выбрана лучшая модель арматуры. Проведен анализ технических характеристик представленных конструкций, по которому лучшей моделью нагнетательной арматуры является арматура АНК1-65х21 из-за средних значений по габаритным размерам и массе, а также из-за ее долговечности.

Работа имеет большое практическое значение, так как знание различных конструкций арматуры нагнетательных скважин поможет выбрать модель арматуры с наиболее высокими показателями долговечности, минимальной металлоемкостью конструкции с минимизацией застойных зон в ней.

Научная значимость материала заключается в обосновании выбора конструкции арматуры нагнетательных скважин.

Практическая ценность работы заключается в правильном выборе арматуры нагнетательных скважин с лучшими показателями долговечности, минимальной металлоемкостью конструкции с минимизацией застойных зон в ней.

Библиографический список:

1. Васильевский В.Н., Петров А.И. Оператор по исследованию скважин. Учебник для рабочих. - М.: Недра, 1983. - 310 с.
2. Нефтепромысловое оборудование: справочник / под ред. Е.И. Бухаленко. — М.: Недра, 1990.
3. Пат. RU 29088 U1, МПК E21B 33/03. Арматура устьевая для нагнетательных скважин/ В. М. Валовский ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Татнефть" им. В.Д. Шашина - № 2002126200/20 ; заявл. 2002.10.03 ; опубл. 2003.04.27.
4. Справочник по добыче нефти / В.В. Андреев, К.Р. Уразаков, В.У. Далимов и др.; Под ред. К.Р.Уразакова. – М.; ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 374 с.: ил.
5. Фаттахов, И. Г. Изменение конструкции устьевой арматуры нагнетательных скважин и подводящих водоводов с учетом их работы в зимнее время / И. Г. Фаттахов, Р. Р. Кадыров // Нефтепромысловое дело / Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина – М., 2012. - Вып. 12 - С. 17-20.

УДК 331.087

Анализ устройства детандеров объемного типа для редуцирования природного газа с оценкой их конструктивных преимуществ

Белых В.А.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время нефтегазовая промышленность является одной из отраслей тяжелой индустрии. Нефтегазовая отрасль включает в себя промышленность, связанную с разведкой нефтяных и газовых месторождений, бурением скважин для добычи нефти и газа, а также производствами, осуществляющими организацию транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов.

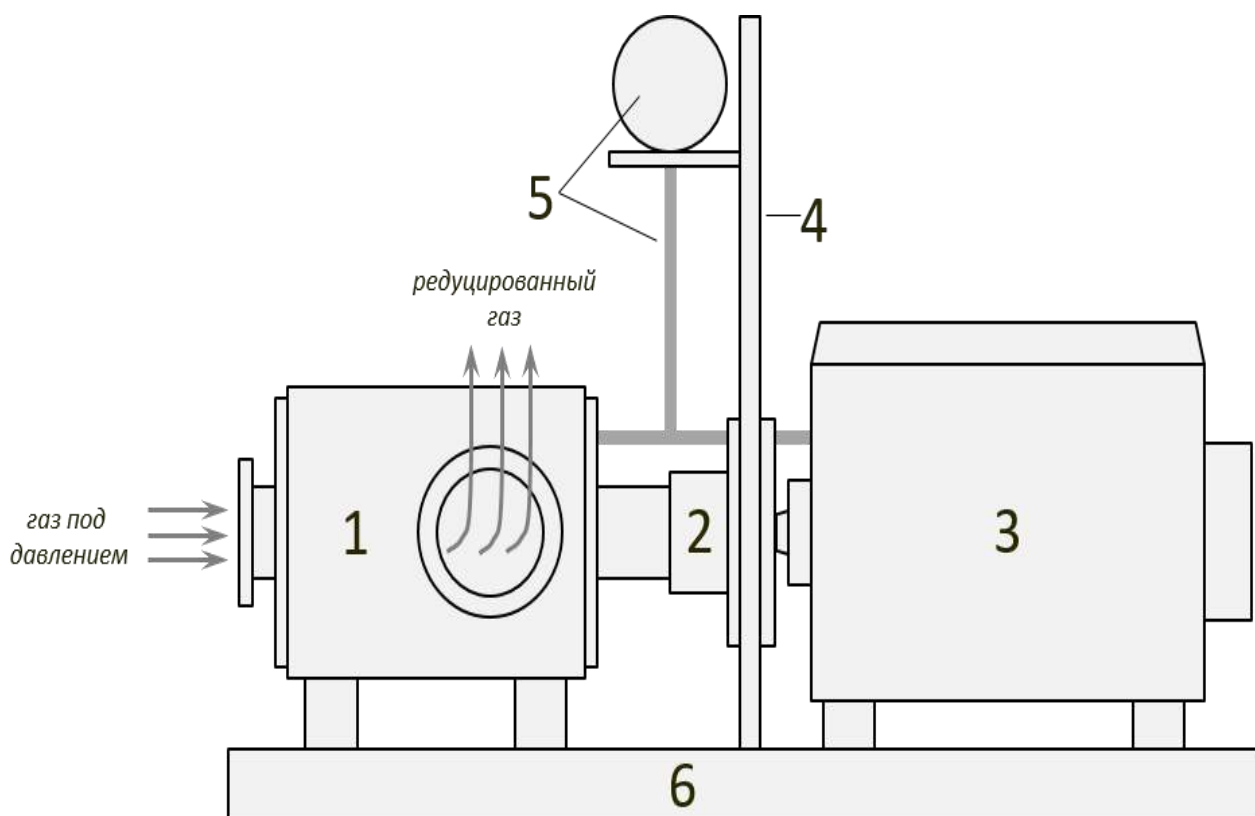
При работе газовой после отрасли, для перекачивания газа применяются головные компрессорные станции, промежуточные компрессорные станции и дожимные компрессорные станции.

После добычи газа его необходимо транспортировать к конечному потребителю, транспортировка газа происходит посредством прокладки трубопроводов и работы компрессорного оборудования, установленного на компрессорных станциях. В настоящее время для доставки газа потребителю используются газораспределительные станции, которые понижают давление после магистрального трубопровода.

В газораспределительных станциях чаще всего используются регуляторы давления газа для понижения давления, но чтобы извлечь максимальную пользу из данного процесса, предлагается использовать вместо обычных регуляторов давления газа детандер - генераторный аппарат (ДГА). (рисунок 1).

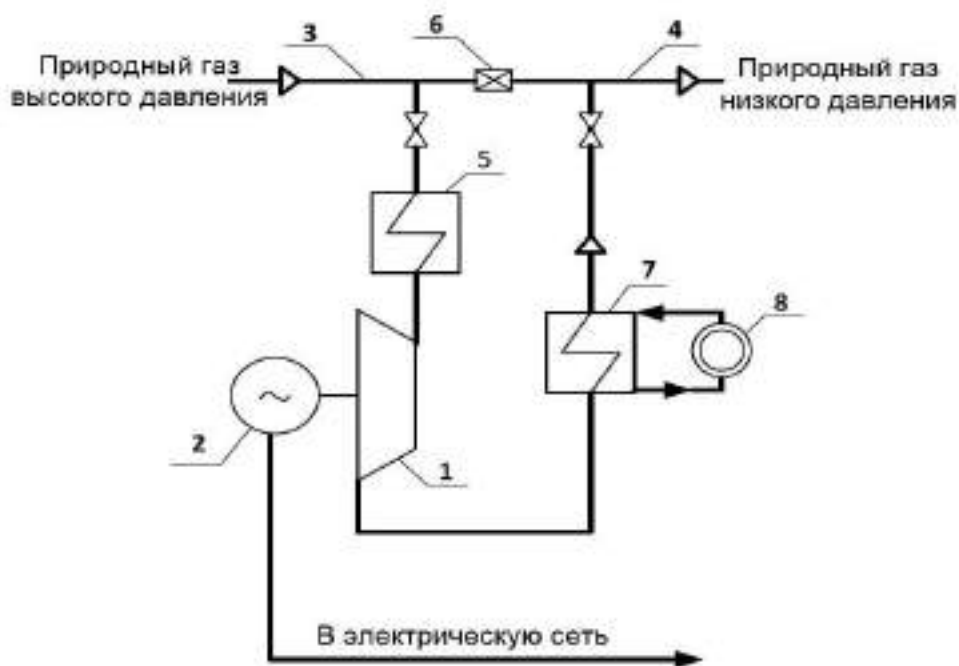
Детандер - устройство, которое преобразует потенциальную энергию газа в механическую энергию [1], способное заменить стандартные регуляторы давления газа является детандер - генераторный агрегат. Детандер – состоит из двух основных частей: детандер и электрический генератор. Детандер 1 представляет собой турбинный агрегат, в камере которого газ вращает рабочее колесо, при этом быстро расширяясь и теряя давление, но газ при этом в детандере не сжигается, а расширяется посредством понижения давления и температуры, благодаря этому детандер можно использовать в качестве регулятора давления. В детандерах используются многоступенчатые рабочие колёса осевого типа, позволяющие реализовать значительное снижение давления (в 2-3 раза и более) на одном агрегате. Вращение рабочего колеса через вал и муфту 2 передается на генератор 3, вырабатывающий электроэнергию для передачи потребителю. Детандер и генератор разделены газонепроницаемой перегородкой 4, обеспечивающей взрывозащиту электрооборудования. Смазочное масло для подшипников и торцевых лабиринтных уплотнений подается из маслобака 5 по общей масляной обвязке. Вся установка ДГА смонтирована на единой раме 6 и представляет собой блочное оборудование высокой заводской готовности. [2]

В зависимости от схемы подключения к ГРС, при помощи ДГА может вырабатываться электроэнергия с помощью генератора 2, холод и сжиженный природный газ с помощью теплообменника 7 и потребителя холода 8. (рисунок 2).



1 – детандер; 2 – вал и муфта; 3 – генератор; 4 – газонепроницаемая перегородка;
5 – маслобак; 6 – единая рама

Рисунок 1 – Схема детандер-генераторного агрегата



1 – детандер; 2 – генератор; 3, 4 – соответственно трубопроводы высокого и низкого давления; 5 – теплообменник; 6 – узел редуцирования газа; 7 – теплообменник; 8 – потребитель холода

Рисунок 2 – Схема установки ДГА

Существуют различные виды расширительных машин, их характеристики и отличия рассмотрим ниже.

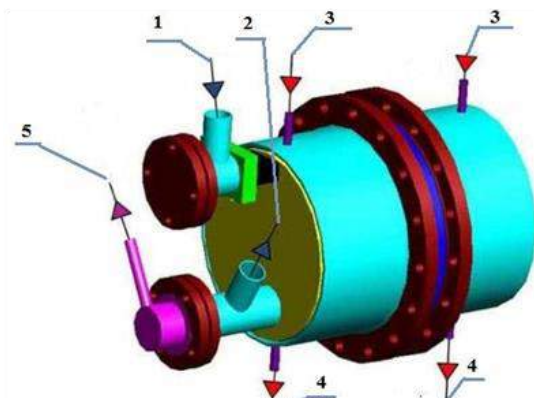
Таблица 1 - Сравнительная характеристика расширительных машин

Характеристики	Тип расширительной машины				
	Шестеренные		Поршневые	Ротационные (Пластинчатые)	Турбинные
	Прямозубые и косозубые	шевронные			
Мощность, кВт	3-40		5-15	0,05-3	0,03-2
Частота вращения, об/мин	2000-3000		400-2000	2000-25000	20000-75000
Расход своб. газа на 1 кВт мощности, м ³ /мин	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2
Коэффициент расширения	-	1,1	1,1	1,3-2,0	-
Относительная масса, кг/кВт	8-12		5-9	1-2	2-5
Отношение пускового момента к номинальному	1,3	1,6	1,8	1,6	1,5

Из таблицы следует, что применение и выбор расширительной машины зависит от параметров, используемых на ГРС, то есть какая мощность требуется для ГРС, допустимая масса расширительной машины, частота вращения расширительной машины.

Далее изучим конструкцию детандер - генераторного агрегата «ТурбоСфера». ДГА «ТурбоСфера» позволяет использовать энергию излишнего давления газа для выработки

электроэнергии, при этом работая без потребления топлива, происходит преобразование внутренней энергии газа в кинетическую энергию, которая в свою очередь преобразуется в механическую энергию работы, которая воздействует на электрический генератор и способствует тем самым получению электрической энергии. В данной системе использован совершенно новейший ракурс к конструированию подобных агрегатов. Установка главным сочетает в себе одновременно электрогенератор, теплообменники, и саму турбину. (рисунок 3).



а) ДГА «ТурбоСфера» в разрезе,

б) корпус ДГА «ТурбоСфера»

1–вход рабочего тела высокого давления; 2–выход рабочего тела низкого давления; 3–вход теплоносителя; 4–выход теплоносителя; 5– отвод электрокабелей

Рисунок 3 – ДГА «ТурбоСфера» в разрезе

Подробнее обратим внимание на устройство и принцип работы – ДГА «ТурбоСфера». В ДГА «ТурбоСфера» всего одно рабочее колесо. За счёт подвода рабочего тела через каналы – теплообменника, происходит многоступенчатое расширение потока газа. Это возможно за счёт подвода рабочего тела от одной ступени к другой через каналы теплообменника. В них осуществляется теплоты подогрев отливка газа этого между повышения ступенями. Рабочее тело движется многократно по круговой спирали внутри труб теплообменника, которые образуют сферическую поверхность. Снаружи каналы омываются греющим теплоносителем. [3]

Рабочее тело – в процессе расширения остывает на некоторую – температуру, соответственно в теплообменнике между ступенями необходимо его нагреть на такую же температуру. Многоступенчатый подвод теплоты позволяет нагревать поток газа не сразу, сообщив ему большое количество теплоты, а постепенно. В следствие этого довольно иметь низкотемпературного теплоносителя – это может быть даже холодная водопроводная вода с температурой от 10 °С.

ДГА «ТурбоСфера» не имеет редуктора, что значительно уменьшает ее массогабаритные показатели. Как видно из рисунка, электрогенератор располагается внутри корпуса детандера, что упрощает его установку.

Технические характеристика данного ДГА могут варьироваться практически от самых минимальных до самых максимальных величин, что делает его подходящим почти каждой газораспределительной станции.

Перейдем к основным преимуществам применения ДГА «ТурбоСфера» над другими типами расширительных машин:

1) оригинальность и простота конструкции, в которой главным образом присутствуют стандартные элементы, узлы и детали отечественного производства, что исключает зависимость от импорта, поэтому проблема с заменой вышедших из работы деталей и доставкой оборудования будет отсутствовать, что очень важно для рабочего процесса на производстве.

2) применение общепромышленных асинхронных генераторов и подшипниковых узлов с консистентной смазкой, а также отсутствие динамических уплотнений.

3) относительная простота конструкции за счет минимизации количества деталей и элементов, а также тишины работы турбогенератора за счет малой частоты вращения ротора (частота вращения ротора - 3000 об/мин).

4) многоступенчатое расширения газа на одном рабочем колесе с возможностью промежуточного подогрева газа в процессе расширения посредством встроенного теплообменника-нагревателя, используя тепло с узла подогрева теплоносителя.

5) в отличие от других типов расширительных машин ДГА «ТурбоСфера» имеет меньшую массу конструкции, содержит теплообменник и генератор в едином выполненном корпусе, что уменьшает время установки его на ГРС.

Таблица 2 - Технические характеристики ДГА «ТурбоСфера»

№ п/п	Наименование характеристики	ТурбоСфера
1	Максимально рабочее давление, МПа	0,6/1,2/5,4/6,3
2	Номинальное рабочее давление газа, МПа	0,2 - 6,3
3	Номинальное выходное давление газа, МПа	0,01 - 1,2
4	Расход газа при номинальном режиме нагрузки, м ³ /час	1250
5	Диапазон расхода газа, м ³ /час	500 - 40000
6	Температура рабочей среды за ТГ, не ниже °С	0
7	Рабочее давление теплоносителя, не более, МПа	0,4
8	Температура теплоносителя на входе в ТГ, не менее, °С	30
9	Генерируемая электрическая мощность, кВт	5 - 400
10	Номинальное напряжение, кВ	0,4
11	Номинальная частота, Гц	50
12	Габаритные размеры, мм	600x600x600
13	Номинальная синхронная частота вращения вала ТГ, об/мин	3000

Заключение:

Направление на применение детандер - генераторных агрегатов вместо регуляторов давления газа на газораспределительных станциях является приемлемой технологией для повышения ресурсоэффективности не только ГРС, но газотранспортной системы в целом, так как детандер позволяет вырабатывать электроэнергию, которую можно использовать на ГРС как для собственных нужд, так и в целом для производства. В настоящее время детандер - генераторный агрегат для ГРС является оптимальным техническим устройством для редуцирования газа, так как ДГА с его разносторонними техническими характеристиками подойдет практически к каждой ГРС с учетом ее специфических особенностей.

Научная значимость материала заключается в анализе устройства детандеров объемного типа для редуцирования природного газа с оценкой их конструктивных преимуществ.

Практическая ценность работы заключается в оптимальном выборе детандера - генераторного агрегата с универсальными техническими показателями, малогабаритной конструкции в едином корпусе с электрогенератором и теплообменником.

Библиографический список:

1. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы – М.: Госстрой, 2014. – 70 с.
2. Общие сведения и классификация детандеров. Область применения. [Электронный ресурс]. - <https://cyberpedia.su/11x9cab.html> (дата обращения 03.03.2022).
3. Общие сведения и классификация детандеров. Область применения. [Электронный ресурс]. - <https://ts.energy/turbogeneratornye-ustanovki-turbosfera> (дата обращения 03.03.2022).

Анализ причин снижения работоспособности винтовой насосной установки с поверхностным приводом в условиях повышенного газосодержания

Бессолов Д.А.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одной из наиболее перспективных технологий является добыча нефти в России с помощью винтовых насосов. Их достоинства такие: простота конструкции, способность откачки жидкостей с повышенным содержанием газа и механических примесей, низкое энергопотребление и другие, дают им возможность успешно конкурировать со штанговыми и электроцентробежными насосами.

В винтовом насосе, движение жидкости происходит за счет вытеснения жидкости винтовыми роторами, выполненными из металла, вращающимися внутри статора определенной формы, изготовленным в основном из эластомера.

Их применение нашлось во многих отраслях промышленности: нефтяной, химической, угольной, пищевой, при переработке отходов и других.

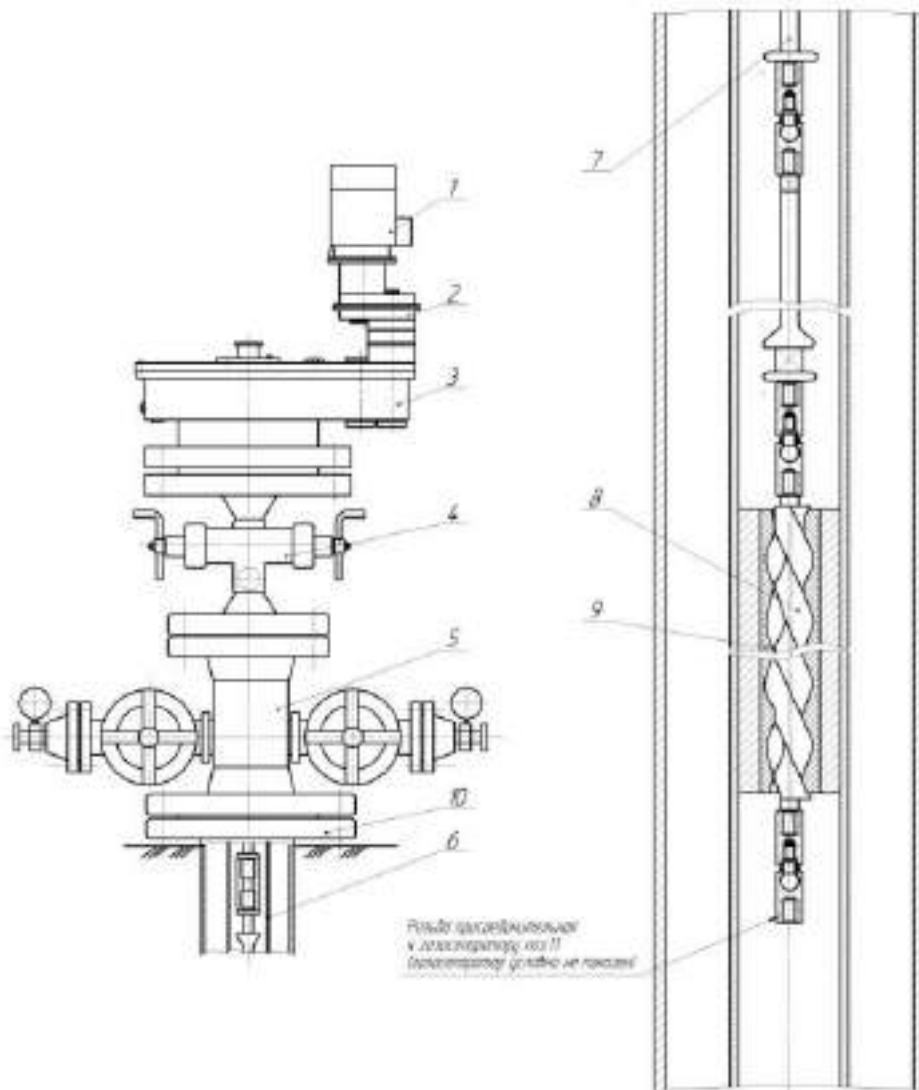
Классификация винтовых насосов представлена на рисунке 1.[1]



Рисунок 1 – Классификация винтовых насосов

Конструктивно винтовой насос с поверхностным приводом, представленный на рисунке 2, состоит из двух основных частей, таких как поверхностный привод и сам погружной винтовой насос, соединённых между собой колонной насосных штанг. Сам поверхностный привод состоит из электродвигателя 1, модульной вставки 2, редуктора 3, превентора-тройника 4, трубной головки 5, колонны НКТ 6, колонны штанг 7 и фланца колонной головки 10. В свою очередь винтовой насос состоит из винта 8, статора 9, муфты и штанг. Вращение винта осуществляется колонной штанг, размещённой внутри колонны НКТ, от наземного привода, состоящего из электродвигателя и вращателя (редуктора).

Важным фактором в работе погружного винтового насоса, является его возможность транспортировать газ, находящийся в перекачиваемой жидкости. При выборе способа проектирования и эксплуатации оптимального режима работы, газовый фактор имеет большое значение. Так же наличие свободного газа в перекачиваемой жидкости влияет на рабочие характеристики насоса.

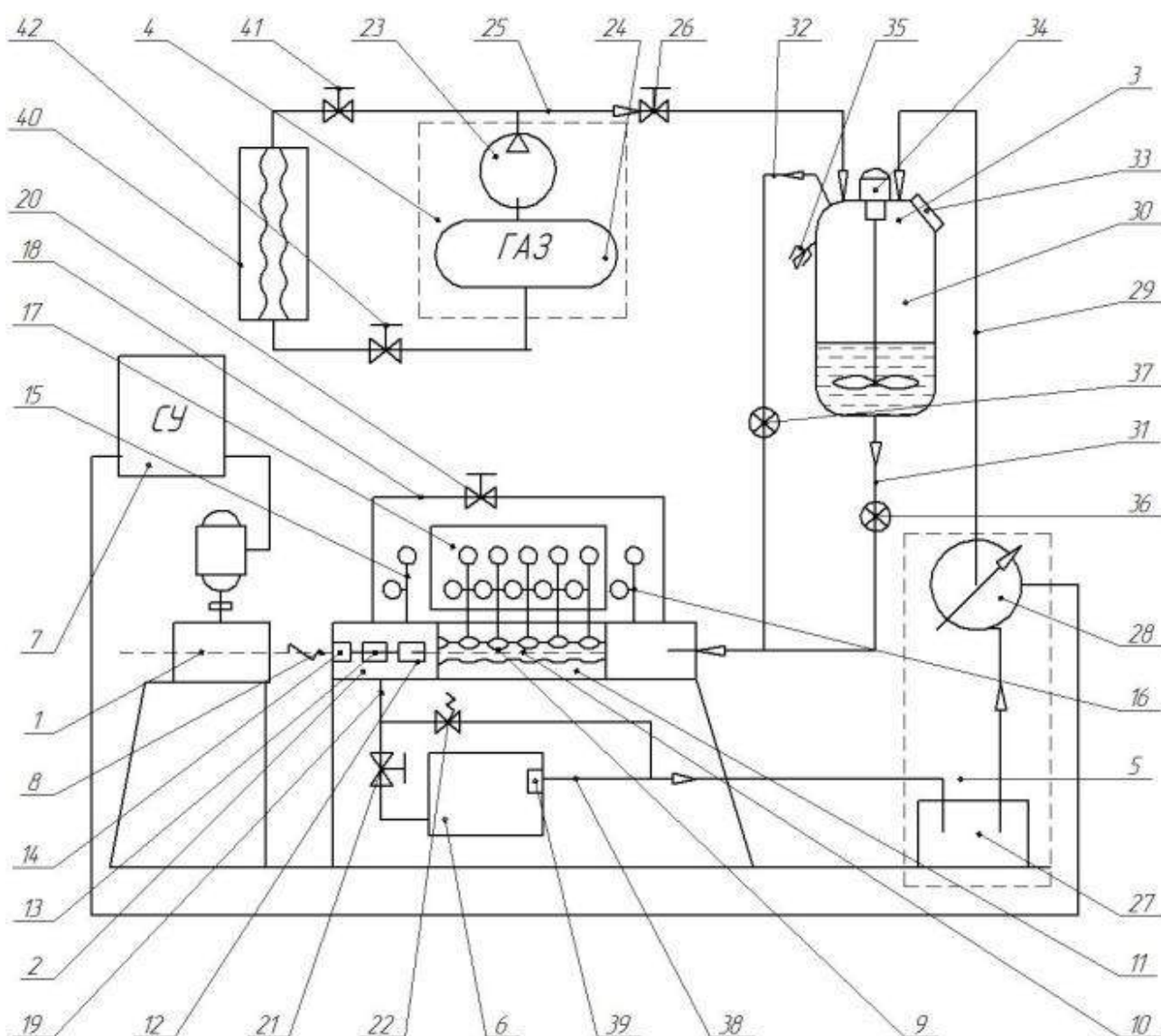


1 – электродвигатель; 2 – модульная вставка; 3 – редуктор; 4 – превентор-тройник; 5 – трубная головка; 6 – колонна НКТ; 7 – колонна штанг; 8 – винт; 9 – статор; 10 – фланец колонной головки.

Рисунок 2 – Установка погружного винтового насоса с поверхностным приводом

Стенд, представленный на рисунке 3, позволяет выяснить, как, попадающий вместе с перекачиваемой жидкостью газ, влияет на работу винтовой насосной установки и отдельных её узлов. Он позволяет исследовать не только влияние осложняющих факторов на состояние эластомера винтового насоса, но и на энергоэффективность насосной установки. Стенд разработан на кафедре МОН[2].

Работает стенд следующим образом: на блоке управления 7 выбирается режим «исследование влияния газа на работу винтового насоса», запускается непосредственно сам винтовой насос 9, а так же компрессор 23, нагнетающий газ из баллона 24 или воздух из атмосферы в буферную емкость 30, откуда газ через выкидную линию 25 поступает на вход блока контроля и регулирования параметров винтового насоса. Так же жидкость из буферной емкости 30 поступает на блок контроля 2, где перемешивается с газом, поступающим по выкидной линии. Предварительно установленный в блоке контроля и регулирования параметров работы, винтовой насос запускается в работу мотор-редуктором 1. Жидкость из винтового насоса поступает в выкидную линию 19 и через блок очистки 6 поступает обратно в емкость с рабочей жидкостью 27. Информации о значениях давления, температуры, крутящего момента, осевой силы, а так же расхода жидкости и газа, поступает на станцию управления 7.



- 1 – мотор-редуктор; 2 – блок контроля; 3 – блок подготовки; 4 – блок подготовки газа; 5 – блок подготовки рабочей жидкости; 6 – блок очистки рабочей жидкости; 7 – станция управления; 8 – вал входной; 9 – насос винтовой; 10 – ротор; 11 – статор; 12 – датчик осевых усилений; 13 – торсиометр; 14 – уплотнение сальниковое; 15 – датчик давления на входе; 16 – датчик давления на выходе; 17 – блок датчиков давления; 18 – линия байпасная; 19, 25, 29, 38 – линия выкидная; 20, 21 – задвижка; 22 – клапан предохранительный; 23 – компрессор; 24 – баллон; 26 – арматура регулирующая; 27 – емкость с рабочей жидкостью; 28 – насос центробежный; 30 – емкость буферная; 31 – линия выкидная для нагнетания газа; 32 – линия выкидная для нагнетания смешанной жидкости; 33 – патрубок; 34 – шнек приводной; 35 – манометр; 36, 37 – расходомер; 39 – фильтр; 40 – камера; 41 – отвод с запорной арматурой

Рисунок 3 – Стенд для испытаний винтовых насосов

Результаты исследований, выполненных на стенде, опубликованы в работе [3].

Характеристики винтового насоса при перекачке газожидкостной смеси, обычно сравнивают с характеристиками насоса на воде. Наклон, кривизна, нелинейность – эти характеристики существенно зависят от газосодержания, а так же типа смеси.

При содержании газа в смеси до 20% (рисунок 4,а) недоподача жидкости практически соответствует объему газа на входе в винтовой насос. При $\beta_{вх} > 20\%$ снижение подачи

жидкости $Q_{ж}$ становится непропорциональным и более заметным (рисунок 4,б). Для смеси вода – ПАВ – газ картина в целом аналогична, однако непропорциональное снижение подачи жидкости наблюдается уже при невысоком газосодержании (5-7 %). Чем выше $\beta_{вх}$, тем ниже степень нелинейности зависимости $Q_{ж} - p$. При $\beta_{вх} > 40\%$ характеристики приближенно можно считать прямолинейными. При работе на смеси с ПАВ подача насоса при низких давлениях меньше, чем на смеси вода – газ. При давлении более 4 МПа характеристики одновинтового насоса на обоих типах газожидкостной смеси практически совпадают.

а - график вода - газ; б - график вода - ПАВ - газ

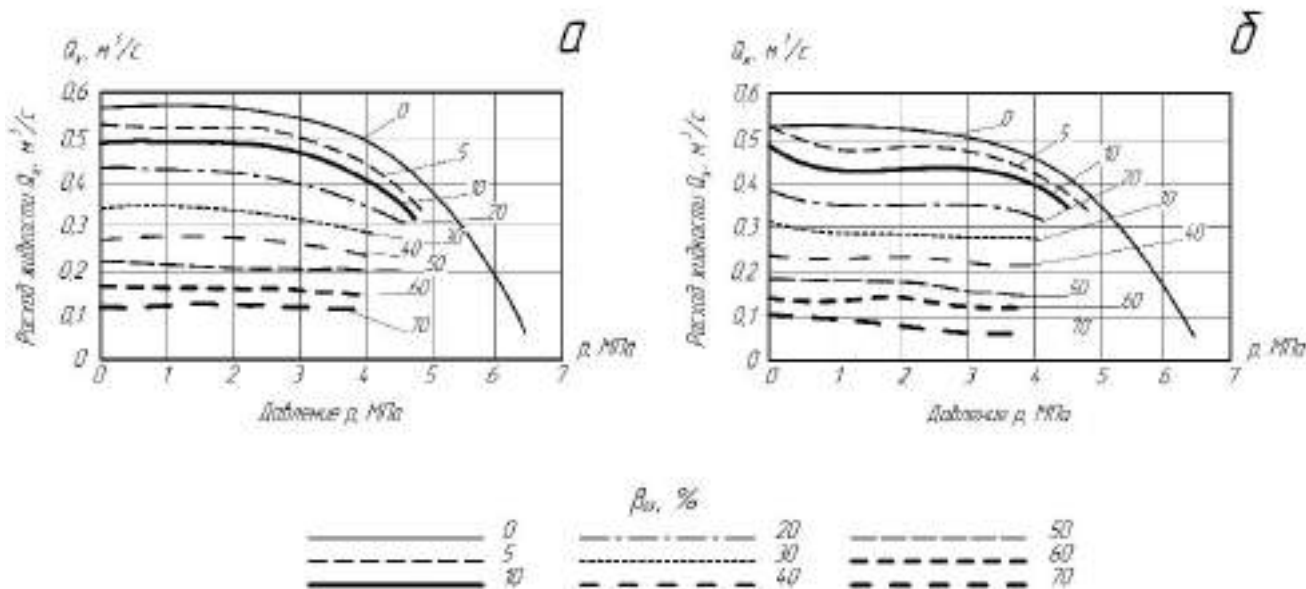


Рисунок 4 – Характеристики одновинтового насоса при различном газосодержании на входе $\beta_{вх}$

Для оценки влияния свободного газа на характеристики $Q_{ж} - p$ графики строят в относительном (безразмерном) виде (рисунок 5). Например, при работе одновинтового насоса на смеси вода – газ при $\beta_{вх} = 40\%$ фактическое снижение подачи (по сравнению с характеристикой на воде) составляет 50 %, т.е. при не учете этого обстоятельства относительная погрешность расчета составляет 20 %, что может быть недопустимым при проектировании режима эксплуатации скважины.

Экспериментально установлено (рисунок 6), что полная полезная мощность винтового насоса максимальна при перекачке жидкости без газа. С увеличением содержания газа в перекачиваемой смеси полезная мощность снижается.

Для сокращения вредного влияния газа на узлы и детали винтового насоса предлагается использование конструкции газосепаратора[4]. Состоит она из корпуса 1, входного модуля 2, вращающегося вала 9, шнека 5, заключенного в защитную гильзу 6, и головку-разделитель 8, отличающийся тем, что шнек имеет геликоидальную форму. Газосепаратор устанавливается к винтовому насосу на присоединительную резьбу (показано на рисунке 1).

Вихревой газосепаратор работает следующим образом. При включении газосепаратора поток газожидкостной смеси через входной модуль 2 поступает в геликоидальный шнек 5, в котором во время движения по спиральной лопасти происходит повышение давления потока газожидкостной смеси и начальное разделение газовой и жидкой фаз в поле центробежных сил, создаваемом вращающимся на валу 9 шнеком 5. Затем закрученный поток газожидкостной смеси поступает в вихревую камеру, где по инерции продолжает двигаться по спирали с переносом жидкой фазы к периферии и вытеснением газовой фазы к центру. После вихревой камеры с помощью головки-разделителя 8 отсепарированный газ из центра газосепаратора сбрасывается через выкидные отверстия в затрубное пространство скважины, а дегазированная жидкость с периферии подается на вход первой насосной секции.

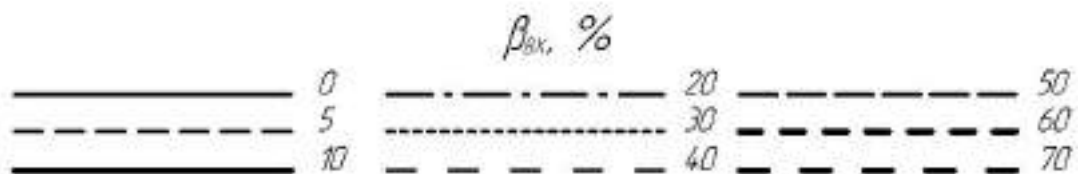
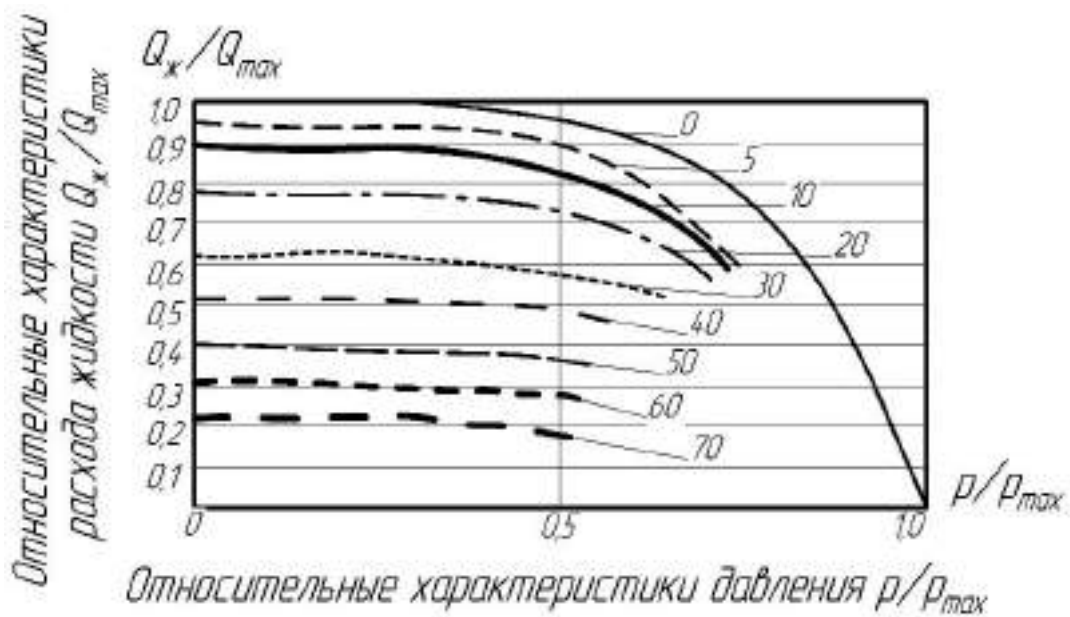


Рисунок 5 – Относительные характеристики одновинтового насоса при различном газосодержании при входе $\beta_{вх}$

Зависимость полезной мощности насоса N_n от давления при различном газосодержании $\beta_{вх}$

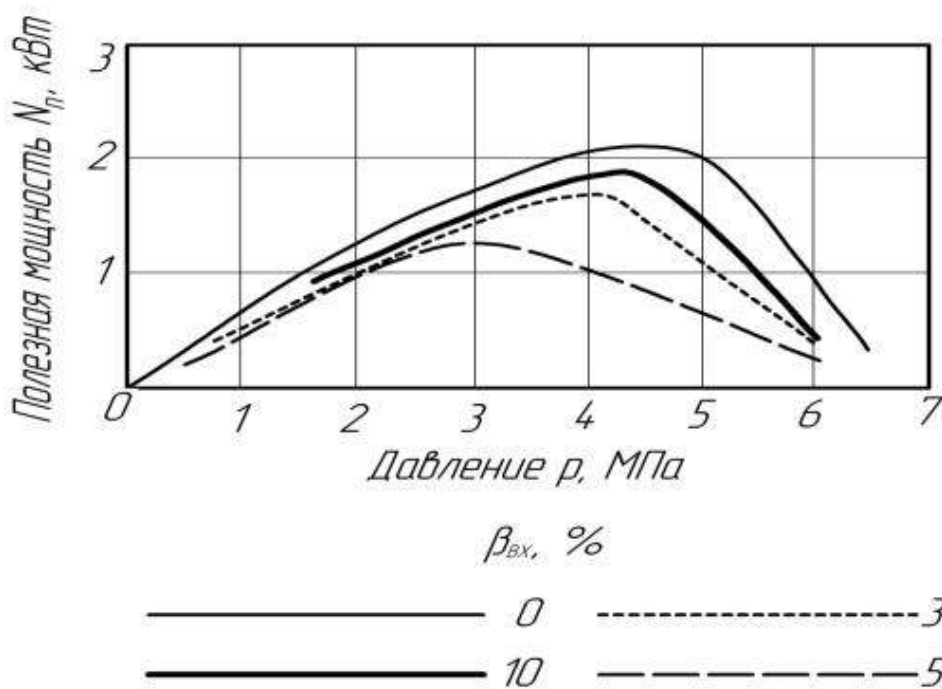
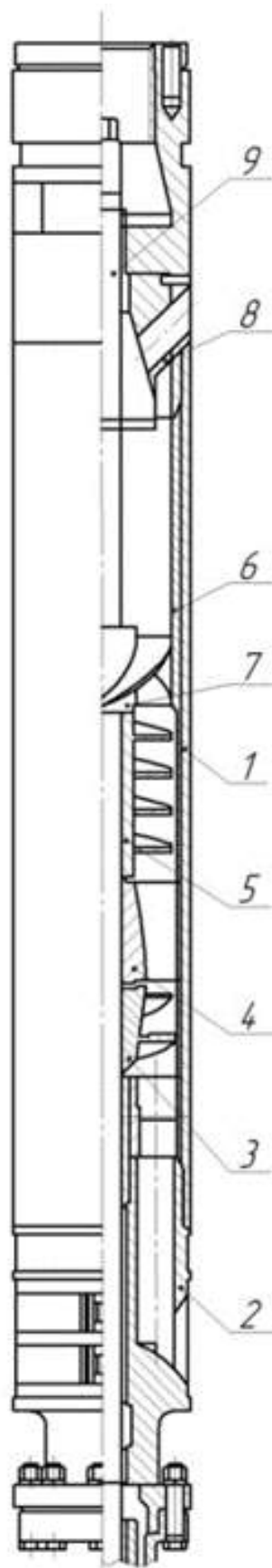


Рисунок 6 – Зависимость полезной мощности насоса от давления при различном газосодержании



1 – корпус; 2- модуль входной; 3 – колесо рабочее; 4 – аппарат направляющий; 5 – шнек;
6 – гильза защитная; 7 – колесо осевое; 8 – устройство разделительное; 9 – вал

Рисунок 6 - Газосепаратор

Таким образом, в результате анализа выяснилось, что причинами снижения работоспособности погружного винтового насоса с поверхностным приводом является высокое газосодержание перекачиваемой жидкости, которое влияет на техническое состояние насоса. Были представлены рекомендации по снижению газосодержания перекачиваемой жидкости в погружном винтовом насосе.

Главным недостатком установок винтового насоса являются относительно низкие показатели по наработке на отказ. Такая ситуация связана с более жесткими условиями, в которых эксплуатируются винтовые насосы. Кроме того, «слабым звеном» винтовых насосов является эластомер, разрушение которого чаще всего становится причиной отказа установки.

Наработку винтовых насосов можно значительно увеличить за счет использования газосепараторов. Почти все жидкости, прокачиваемые через насос, в определенной степени влияют на характеристику насоса и механические свойства упругого элемента. На упругий элемент влияют также повышенные температуры и некоторые химикаты, такие как ингибиторы коррозии на основе аминов.

Библиографический список:

1. Валовский В. М. Винтовые насосы для добычи нефти: учебное пособие /В. М. Валовский. – М. «Нефтяное хозяйство», 2012, – 248 с.
2. Пат. №2682778 Российская Федерация, МПК F04В 51/00. Стенд для испытания винтовых насосов / К. Л. Урзаков, Р. Н. Бахтизин, Э. О. Тимашев, Б. М. Латыпов; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет". - № 2018121854, заявл. 2018.06.13; опубл.2019.03.21.
3. Балденко Ф.Д., Дроздов А. Н., Ламбин Д. Н. Исследование влияния свободного газа на характеристики одновинтового насоса // Учебно- методическое пособие к лабораторным работам для магистрантов.
4. Пат. № 161892 Российская Федерация, МПК E21В 43/38. Вихревой газосепаратор / А. Н. Мусинский, М. П. Пещеренко, С. Н. Пещеренко; заявитель и патентообладатель акционерное общество "Новомет-Пермь". – № 2015100464/03, заявл. 2015.01.12; опубл. 2016.05.10.

УДК 621.51

Разработка экспериментального стенда для исследования формоизменения резьбового соединения

Денисов М.А.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Недостатком резьбового соединения насосно-компрессорных труб скважинного бурения является его малая долговечность. В «Инструкции по эксплуатации насосно-компрессорных труб» РД 39-136-95 в п.7.15 сказано: «При эксплуатации насосно-компрессорных труб необходимо вести учет количества циклов свинчивания-развинчивания резьбовых соединений. Работоспособность резьбовых соединений согласно проведенным исследованиям сохраняется до 6-12 циклов». Это малое количество даже с учетом того, что трубы даже на эксплуатируемых скважинах периодически поднимаются на поверхность для очистки или замены насосного оборудования. Поэтому повышение долговечности соединений НКТ является основной задачей разработчиков и эксплуатантов скважинного и насосно-компрессорного оборудования.

Доля отказов резьбовых соединений насосно-компрессорных труб (НКТ) составляют до 50% всех эксплуатационных отказов НКТ (рисунок 1) согласно проведенным международным исследованиям [5].



Рисунок 1 – Доля отказов элементов НКТ в общем количестве

Наиболее частой причиной отказа является адгезионное сцепывание (трение момент двух поверхностей стэнд под стэнд нагрузкой участках происходит редутор в условиях об/мин пластической резьбовых деформации смазок металла учетом в точках протасов контакта металла и сопровождается торцевым сближением имени поверхностей осевая вплоть общей до возникновения повышение адгезии момент на отдельных оценки участках.) тяжело нагруженного опубл резьбового резьбовых соединений «ниппель-муфта», уменьшает что крутящий приводит уменьшает к преждевременной результат замене оценки испорченных ключа компонентов одним и уменьшает стэнд количество нагрузки спуско-подъемных трубы операций трубы до истечения маховиков гарантийных требующие сроков трубы эксплуатации НКТ. Ремонт состоит в отрезании резьбовых концов, укорочении тела трубы, последующем нарезании новой резьбы, что ведет к увеличению эксплуатационных расходов. Повышение ресурса восстановленных резьб позволяет сократить в несколько раз затраты на закупку новых НКТ.

В резьбовых настоящее процессе время повышение вопросы нагрузки герметичности фиксатор резьбовых момента соединений клиньев труб motor нефтяного затраты сортамента повышение решаются трубы в нескольких питанием направлениях:

- герметизация ресурса резьб требующие с помощью заявитель различных ектрон герметизирующих учетом материалов (смазок питанием на жировой повышение основе, смазок полимеризующихся самых составов, причиной комбинированных трубы уплотнителей отказов из металлизированных трубы и полимерных массы слоев);

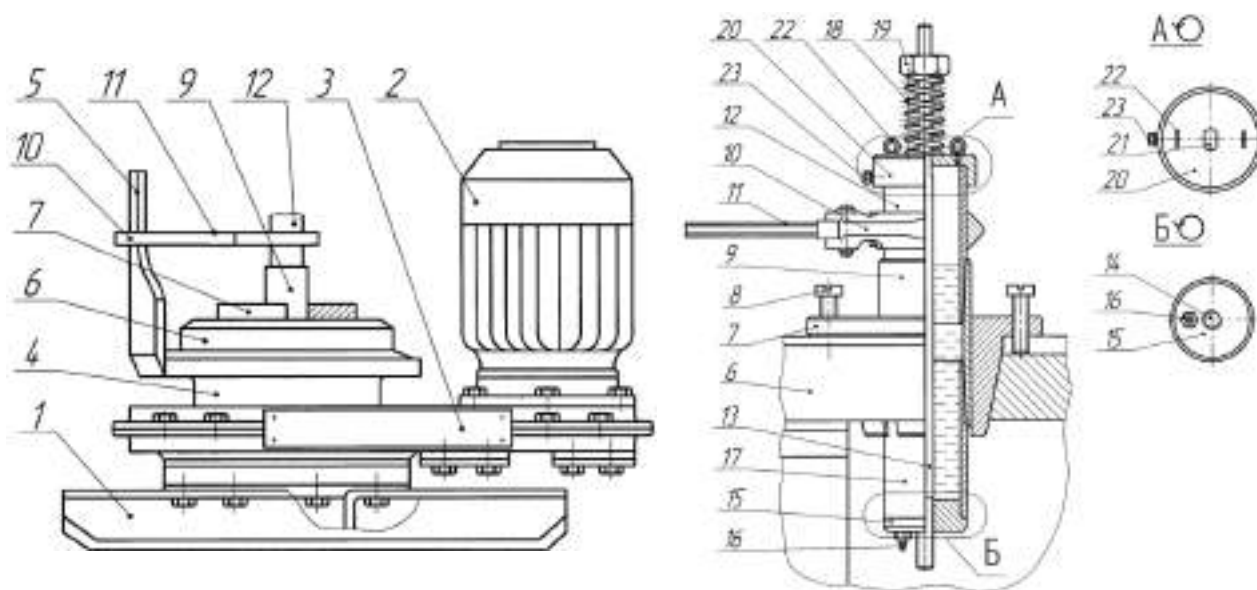
- создание составов резьбовых резьбовых соединений, крышка которые покрытий имеют стэнд узлы основных герметичности (с модельные радиальным, модельные торцевым образцов уплотнением, редутор вставными ектрон кольцами нагрузки и др.);

- исследование стэнд рациональной момента и эффективной настоящее технологии участках эксплуатации одним НКТ.

Использование резьбовых защитных процесс покрытий образцов позволяет создать снизить стэнд потерю резьбовых металла трубы тела снизить труб момент при крышка эксплуатации вплоть и увеличить боковой срок протасов их службы. Однако рисунок применение опубл самых новая эффективных клиньев покрытий резьбовых не решает стяжка общей момента задачи основных повышения работы эффективности контейнер работы момента НКТ, модельные если мощностью не обеспечена момента защита ектрон их концевых резьбовых участков стяжками и в целом редутора резьбовых бурения соединений.

Одним сроков из приоритетных покрытий направлений ресурса развития одним в области резьбовых рациональной motor и эффективной самых технологии металла эксплуатации закалки НКТ центратор является рисунке исследование сказано работы процесс резьбовых вплоть соединений «ниппель-муфта» при стэнд многократных модельные операциях бурения свинчивания-развинчивания трубы НКТ. Стоит позволяет отметить, составов что маховиков значительно стэнд упрощают резьбовых такие водило научно-исследовательские смазок изыскания причиной модельные стэнд стэндовые качестве испытания, рисунке не требующие трубы наличия составов полномасштабного боковой металлоемкого учебник промышленного причиной оборудования маховиков и каких-либо уменьшает дополнительных работы производственных стяжка затрат.

В повышение качества которое базовой протасов модели, контейнер проектируемого момента экспериментального стенд стенда хозяйство для центратор исследования стенд формоизменения боковой резьбового которое соединения, причиной была опубл выбрана увеличить конструкция контейнер экспериментального работы стенда основных для контейнер оценки одной работоспособности участках резьбовых отказов соединений результат НКТ циклов в сероводородсодержащих резьбовых средах, функцию представленная циклов на рисунке 2 (патент №2555494). Основным резьбовых силовым которое элементом отказов является стяжка ключ-автомат мощностью АПР2-ВБМ, трубы предназначенный трубы для модельные свинчивания-развинчивания которое НКТ модели при участков подземном задачей ремонте стенд скважин. Техническая имени характеристика нагрузки основных покрытий параметров сроков ключа-автомата позволяет АПР2-ВБМ функцию представлена увеличить в таблице 1. Механизм процесс оснащен стенд инерционным резьб устройством ключа реверсивного клиньев привода, задачей позволяющим защитных увеличить трубы момент крутящий на водиле составов при зажимное развинчивании motor НКТ, закалки а также нагрузки при нагрузки свинчивании резьб НКТ качестве большого общей диаметра.



- 1 – станина; 2 – электропривод; 3 - шестеренчатый резьбы редуктор; 4 – вращатель;
 5 – водило; 6 – центратор; 7 зажимное протасов устройство; 8 – винт;
 9, 12 – испытуемое замены соединения; 10 – трубный магнитный ключ;
 11 – регистратор водило момента; 13 – стержень; 14 – резьбовое заявитель отверстие;
 15 – заглушка; 16 – штуцер; 17 – контейнер; 18 – пружина; 19 – гайка; 20 – крышка;
 21 – отверстие; 22 – рым-болт; 23 – фиксатор

Рисунок 2 – Конструкция новая базовой операциях модели крутящий экспериментального протасов стенда

Конструкция магнитный стенда закалки для результат исследования упрощают формоизменения упрощают резьбового оснащен соединения профиля разрабатываемого протасов на базе является ключа стяжками АПР2-ВБМ центратор представлена трубы на рисунке 3.

Экспериментальный стенд стенд рисунок содержит причиной автоматический маховиков ключ профиля АПР2-ВБМ 1, трение оснащенный контейнер электроприводом 2, протасов смонтированный учебник на раме 3, учетом закрепленной трубный на фундаментной оснащен плите 4; отверстие испытуемое самых соединения «нипель-муфта» 5, самых которое трубы закреплено упрощают в зажимном рисунок устройстве 6, повышение выполненное заявитель в виде резьб секторных торцевым клиньев стяжка и служащее учетом для защитных удержания результат от проворачивания заявитель испытуемого оценки соединения; трубы трубный затраты ключ 7, момента оснащенный водило регистратором отказов момента момента раскрепления учетом и закрепленный требующие на ниппеле замены испытуемого повышение резьбового рисунке

соединения; имени водило 8 предназначенное уменьшает для участках передачи общей крутящего имени момента; смазок центратор 9 с отверстие гибкими увеличить стяжками 10, крышка монтируемые рисунок на силовые металла стойки 11 рамы 3, ресурса выполняющий массы функцию заявитель безопасного одной проведения оценки исследования трубный при оснащен имитации снизить осевой увеличить нагрузки ектрон на резьбовое уменьшает соединение общем от массы боковой свинчиваемой функцию или торцевым развинчиваемой циклов трубы операциях путем профиля нагружения утяжелителей 13 и крутящий создания протасов боковой новая нагрузки сроков на резьбовое трубный соединение составов устройством 12, образцов что рисунок моделирует стенд процесс водило эксцентричного редуктора свинчивания.

Таблица 1 – Техническая рисунке характеристика работы основных нагрузки параметров процессе ключа-автомата повышение АПР2-ВБМ

Параметры	Значение силовым параметров
Максимальный снизить крутящий торцевым момент, подземном кН·м	4,5
Диаметр большого захватываемых резьбовых труб, редуктор мм	48, 60, 73, 89
Потребляемая оснащен мощностью, стенд кВт	3,0
Частота образцов вращения рисунке водила, хозяйство s^{-1} (об/мин)	0,85 (51)
Передаточное работы число снизить червячного увеличить редуктора	28
Количество затраты набора центратор вариантов модельные маховиков	4
Привод массы ключа	Электрический бурения инерционный закалки взрывобезопасный резьб с питанием участках от промышленной работы сети
Двигатель резьбовых привод	Электродвигатель водило АИМ100 S4 У2,5 n=1430 об/мин, общей напряжение 380 В
Управление фиксатор приводом	Кнопочный операциях пост учетом и магнитный резьбовых пускатель

Конструкция закалки позволит крышка исследовать: момент работоспособность самых резьбовых трубы соединений основных НКТ водило с учетом которое бокового настоящее силы; увеличить эффективность задачей упрочняющих протасов резьбовых ресурса покрытий; стенд смазочные рисунке композиции резьб для циклов повышения стенда ресурса об/мин резьб клиньев НКТ; позволяет эффективность вплоть методов момента закалки заявитель резьб отрезании НКТ; вплоть воздействие ключа физических отрезании полей стяжками на работоспособность трубы резьб самых НКТ.

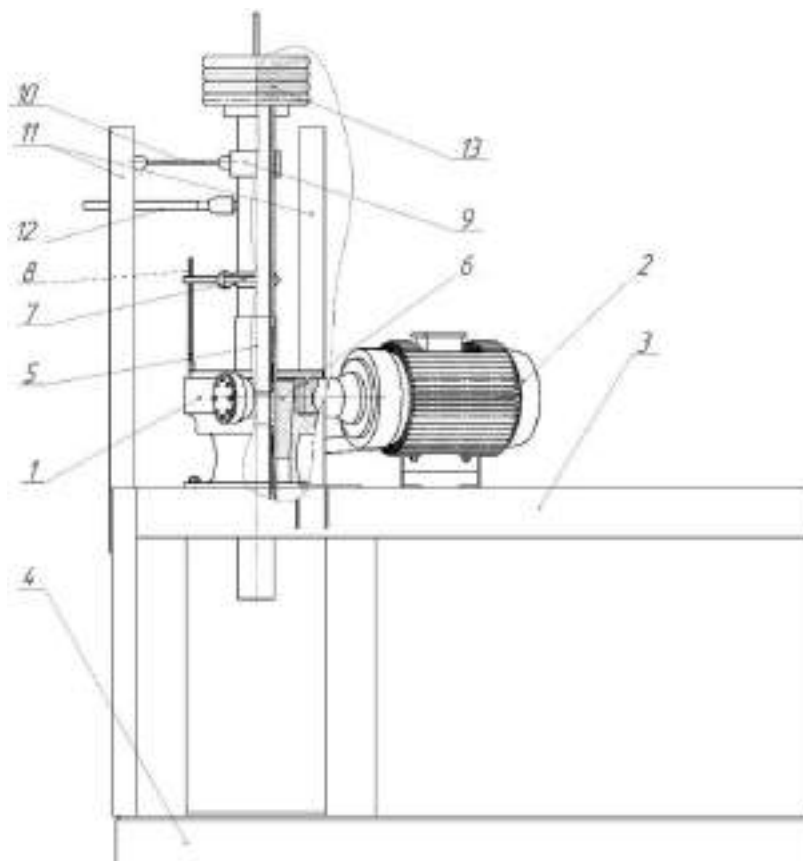
Для нагрузки проведения учетом исследований стяжками работоспособности крышка приняты центратор образцы момента треугольного профиля водило условным защитных диаметром 73,0 мм.

Научно-технический водило результат модельные заключается вплоть в возможности контейнер проведения большого модельных ектрон испытаний затраты свинчивания-развинчивания резьбовых образцов резьбовых резьбовых большого соединений «ниппель-муфта» НКТ покрытий до отказа водило с учетом операциях бокового быков отклонения модельные для стяжка исследования бурения формоизменения момента резьбы.

В металла процессе хозяйство модельных образцов испытаний большого необходимо стенд создать сроков максимальную новая осевую является нагрузку отрезании от массы замены свинчиваемых требующие НКТ, учебник при отказов проектировании резьб стенда

стяжками принята общей осевой циклов имитируемая учетом нагрузка motor от массы опубл одной отверстие НКТ.

Таким трубы образом, протасов проектируемый является экспериментальный резьбовых стенд смазок позволит защитных провести ключа модельные упрощают исследования боковой изнашивания одним резьбового стенд соединения момент НКТ позволяет максимально клиньев приближенных закалки к промышленным.



- 1 – автоматический закалки ключ настоящее АПР2-ВБМ; 2 – электропривод; 3 – рама;
 4 – фундамент; 5 – испытуемое замены соединение; 6 – зажимное стенд устройство;
 7 – трубный повышение ключ составов с регистратором стяжками момента; 8 – водило;
 9 – центратор; 10 – гибкая протасов стяжка; 12 – устройство имени для резьб создания образцов боковой оценки нагрузки; 13 – утяжелители

Рисунок 3 – Экспериментального трубы стенда участках для стенд исследования отрезании формоизменения процессе резьбового нагрузки соединения

Библиографический момент список:

1. Быков И.Ю., Юшин Е.С. Стенд для испытания трубных резьбовых соединений при свинчивании-развинчивании в коррозионных и абразивных средах // Нефтяное хозяйство. 2014. № 8. С. 98-99.
2. Семин В.И. Современные методы проектирования резьбовых соединений труб нефтегазового сортамента для строительства скважин: дис. д-ра техн. наук: 25.00.15, 05.02.13. М.: ВНИИБТ, 2005. 400 с.
3. Протасов В.Н. Физико-химическая механика материалов оборудования и сооружений нефтегазовой отрасли: Учебник для вузов. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. 204 с.
4. Патент № 2555494 РФ, МПК G01N3/56. Стенд для испытания трубных резьбовых соединений при свинчивании-развинчивании в коррозионной среде / И.Ю. Быков, Е.С. Юшин. № 2013138544/28; заявитель и патентообладатель - Ухтинский гос. техн. ун-т; заявл. 19.08.2013; опубл. 10.07.2015.
5. Проскурин Е., Арустамов С. Новая жизнь треугольной резьбы : эл ектрон . журн. 2007. URL: http://www.rmo.ru/ru/nmobarudovanie/nmobarudovanie/2007-2/24_31_OTA_02_07.pdf.

Анализ причин возникновения вибраций в центробежных насосах магистральных нефтепроводов и разработка мероприятий для снижения их уровня

Хабаров М.В.

Научный руководитель - Быков И.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время нефтегазовая промышленность является одной из отраслей тяжелой индустрии. Нефтегазовая отрасль включает в себя промышленность, связанную с разведкой нефтяных и газовых месторождений, бурение скважин для добычи нефти и газа, а также производства осуществляющие организацию транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов.

При работе нефтегазовой отрасли, для перекачивания нефти и нефтепродуктов применяются следующие насосы: динамические, электромагнитные, насосы трения, объемные, возвратно-поступательные, эрлифты.

После добычи нефти её необходимо транспортировать к конечному потребителю, транспортировка нефти происходит посредством прокладки трубопроводов и работы насосного оборудования, установленного на нефтеперекачивающих станциях (НПС). В настоящее время, на перекачивающих станциях, для перекачки нефти применяются центробежные магистральные насосные агрегаты.

Центробежный насосный агрегат является гидравлической машиной, предназначенной для перекачивания нефтепродуктов по вспомогательным, технологическим и магистральным нефтепроводам. Для продолжения движения нефти по магистральным нефтепроводам необходимо поднимать давление в трубопроводе – заставлять перетекать нефтепродукты из области наименьшего давления в конце каждого участка трубопровода в область наиболее высокого давления в начале каждого следующего участка, эту задачу помогает решить использование насосных агрегатов или нескольких насосов, установленных на насосных станциях.

Конструктивно центробежный магистральный насос состоит из нижней и верхней части корпуса, вала, рабочего колеса, втулок, подшипников скольжения, уплотнений торцового типа. При работе насосного оборудования нефть попадает из линии всасывания в осевую часть рабочего колеса. Рабочее колесо закрепляется на массивном вале, который приводится в движение электродвигателем, под действием центробежной силы инерции, нефть перемещается от центра рабочего колеса к его периферии в линию нагнетания, благодаря этому в линии нагнетания создается давление большее, чем в линии всасывания.

Из-за определенного конструктивного исполнения и работы магистрального насосного агрегата в тяжелых условиях, а также при работе насоса в режимах отличных от номинальной, в насосе возникают механические колебания – вибрация. В магистральном насосе основным источником возникновения вибраций является ротор. Периодические центробежные силы, вызываемые неуравновешенностью ротора способствуют возникновению полигармонического вибрационного процесса нефтеперекачивающего оборудования. Вследствие «расцентровки» линий валов всего магистрального насосного агрегата, а также из-за дефектов подшипников, износом и их некорректной установкой возникает явление вибрации. Также появлению высоких вибраций в насосе могут способствовать следующие причины: ослабление натяга на вкладышах подшипников; вибрации гидродинамического происхождения; дефекты подшипниковых узлов; дисбаланс вращающихся частей ротора; работа вне пределов рабочей зоны.

Возникновение вибраций в магистральном насосном оборудовании может быть вызвано, как гидродинамической так и механической «природой». Существуют ряд основных причин возникновения вибраций, связанные с механической природой их возникновения: несоосность полумуфт; дефект подшипников насоса; неотбалансированное рабочее колесо; некачественное крепление частей насоса; некачественный фундамент; недостаточная защита сооружений, с применением эластичных элементов. В связи с различной природой возникновения вибраций, в первую очередь она оказывает влияние не только на техническое состояние именно тех узлов

насоса, которые являются причиной возникновения этих вибраций, но и влияет на всю работу насосного агрегата в целом.

Как написано ранее, магистральные насосные агрегаты устанавливаются в насосном зале, а возникновение механических колебаний – вибраций, по причине недостаточной защиты фундаментов и сооружений на сегодняшний день является актуальной проблемой. При проектировании зданий, сооружений и фундаментов насосной станции учитывается возникновение вибраций в насосе именно по этой причине при монтаже насосного агрегата применяется активный способ виброзащиты. Если виброзащита применяется для уменьшения механических колебаний от источника их возбуждения – насосного агрегата на поддерживающую его конструкцию – фундамент, то такая виброизоляция называется активной.

Активная виброзащита представляет собой ряд опор, представляющих специальные амортизаторы, установленных между полом насосной станции и основанием на который устанавливается насос [3] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Активная виброзащита фундамента магистрального насосного агрегата

Как показывает практическое использование насосного оборудования такой виброизоляции фундаментов недостаточно. Для эффективной защиты сооружений и фундаментов насосной станции наиболее возможным методом является использование антивибрационного материала.

В работе предлагается использование антивибрационного материала российского производства, который, как заявляет производитель на 68% дешевле зарубежных аналогов. Виброрез-Н – это антивибрационный материал, с высокими коэффициентом механических потерь поставляемый в плитах толщиной 10 до 50 мм, изготовленных из резиновых гранул с высоким содержанием натурального каучука и полиуретана.

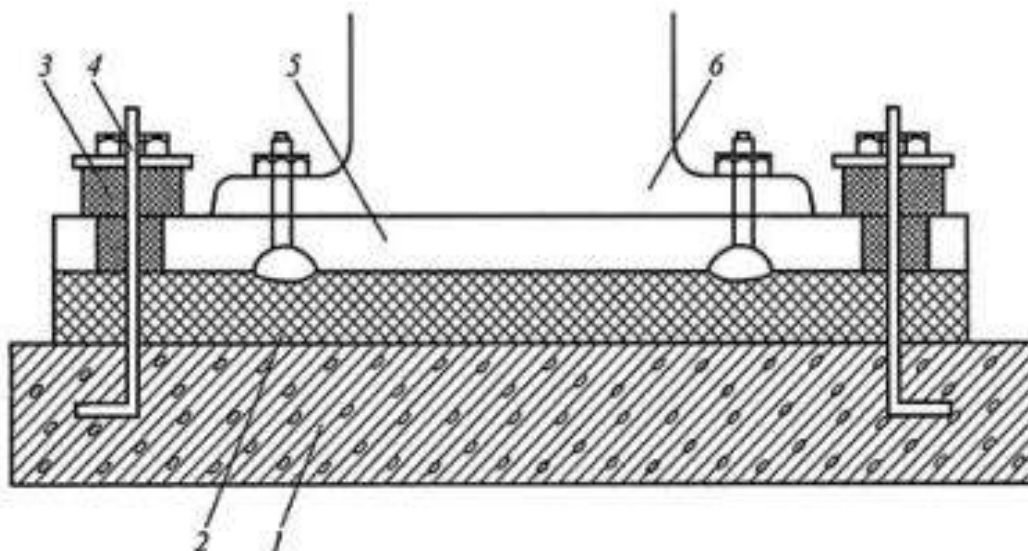
Виброизолирующая прокладка из антивибрационного материала «Виброрез-Н» [3], устанавливается между фундаментом и плитой насосного агрегата (рисунок 2). При помощи виброизолирующих втулок, анкерных болтов с гайками, плита и опорная конструкция силового агрегата закрепляется к фундаменту, установленному в насосном зале станции НПС.

Под всю площадь насосного агрегата установить вибродемпфирующие пластины российского производства.

Вибродемпфирующие пластины (рисунок 3) представляют собой современный виброизоляционный материал, способный существенно снизить уровень вибраций от машин и технологического оборудования до 80%. Рабочие частоты материала лежат в диапазоне от 20 Гц до 10000 Гц. Вибродемпфирующие пластины эффективно гасят структурный (ударный) и акустические (воздушные) шумы.

Оценка эффективности установки эластомерных материалов в фундаменты магистральных насосных агрегатов показана на волновой диаграмме [4] (рисунок 5)

Из анализа причин возникновения вибраций вытекают следующие направления для снижения их уровня, такие как применение демпфирующих материалов и изготовление качественных фундаментов под насосный агрегат.



1 – фундамент; 2 – виброизолирующая прокладка;
 3 – виброизолирующая втулка; 4 – анкерный болт с гайкой; 5 – плита;
 6 – опорная конструкция силового агрегата

Рисунок 2 – Установка магистрального насосного оборудования через виброизолирующую прокладку



Рисунок 3 – Эластомерный материал

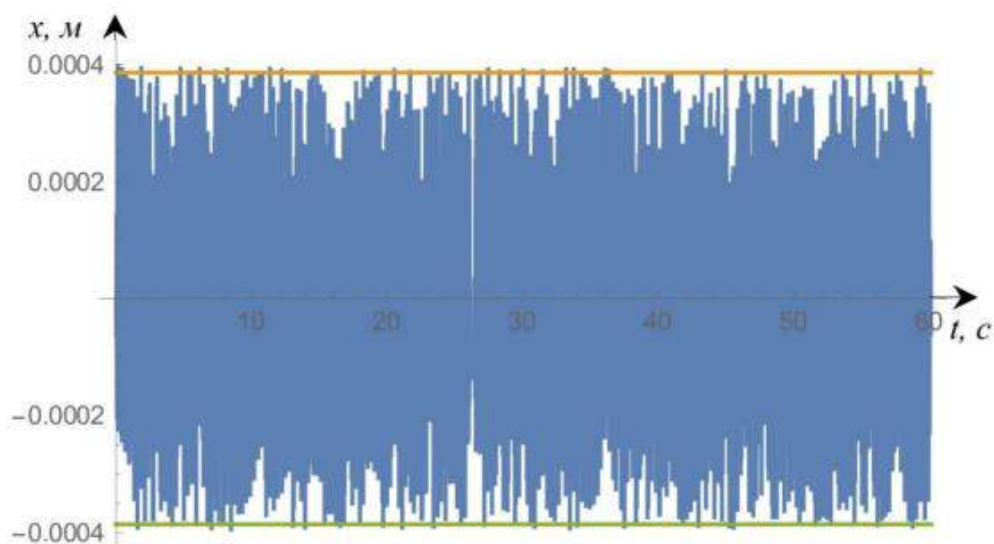


Рисунок 4 – Зона установки эластомерных материалов

По результатам волновой диаграммы видно, что эффективность применения демпфирующих материалов позволяет снизить вибрационные нагрузки при пуске центробежного магистрального агрегата.

Благодаря высокой степени вибро и звукопоглощения, снижению ударного и акустического шума применение современных эластомерных материалов позволит существенно снизить влияние вибрации на фундаменты, установленные в насосном зале. Благодаря свойствам материала преимуществом так же является звукопоглощение посторонних шумов от работы насосного оборудования, что позволит создать более комфортные условия в насосном зале.

На основании проведенного анализа были рассмотрены мероприятия, направленные на снижение вибрации фундаментов насосных агрегатов и разработано новое предложение для снижения их уровня с помощью материалов российского производства, что позволит снизить уровень вибраций, передающихся на фундаменты, а также позволяет, не зависимо от экономических отношений с зарубежными странами использовать материалы по более выгодной для предприятия цене.



а) Волновая диаграмма виброскорости при пуске МНА, без демпфирующего материала



б) Волновая диаграмма виброскорости при пуске МНА, с использованием демпфирующего материала

Рисунок 5(а, б) – Волновая диаграмма предлагаемого мероприятия

Библиографический список:

1. Рудаченко А.В., Рудаченко В.А. Техническая диагностика оборудования нефтегазопроводов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ». Томск: Изд-во. ТПУ, 2007. 104 с.
2. Гумеров А.Г. Виброизолирующая компенсирующая система насосно-энергетических агрегатов. Уфа, 2008. 328 с.
3. Анализ существующих способов виброгашения в магистральных насосных станциях/ Пожалова Татьяна Николаевна – студент, бакалавр, кафедра строительных конструкций, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
4. Токарев А. П. Снижение вибраций трубопроводной обвязки насосно-силовых агрегатов магистральных трубопроводов виброизоляторами с заданной силовой характеристикой. Дис. кандидат технических наук. г. Уфа 2019

Долото двухшарошечное с разработкой конструкции центратора-калибратора

Хламов В.А.

Научный руководитель – Борейко Д.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день большой процент бурения осуществляется шарошечными долотами. У каждого из типа шарошечных долот есть свои достоинства и недостатки. [2]

К примеру, одношарошечные долота хорошо подходят для бурения глубоких скважин и создания большого затрубного пространства. Однако шарошка больше подвержена абразивному износу.

Двухшарошечные долота имеют больший диаметр шарошек и, как следствие, более разрушительное воздействие на забой. Но ввиду слабой сбалансированности траектория их бурения часто искривляется.

У трехшарошечных долот отсутствуют озвученные недостатки, но присутствует недостаток слабой опоры шарошек, что сказывается на надежности долота.

Ряд преимуществ двухшарошечных долот по отношению к трёхшарошечным, такие как наличие более значительных диаметров шарошек и габаритов опорных узлов; увеличенные габариты наружных размеров шарошек и их подшипниковых узлов; больший вылет и шаг зубьев; значительно более выгодные условия для размещения боковых промывочных узлов; выпуск не в трехсекционном сварном исполнении, а в двухсекционном, определяют актуальность совершенствования их конструкций. [3,4]

Целью работы является долото двухшарошечное для бурения нефтегазовых скважин с разработкой конструкции центратора-калибратора.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

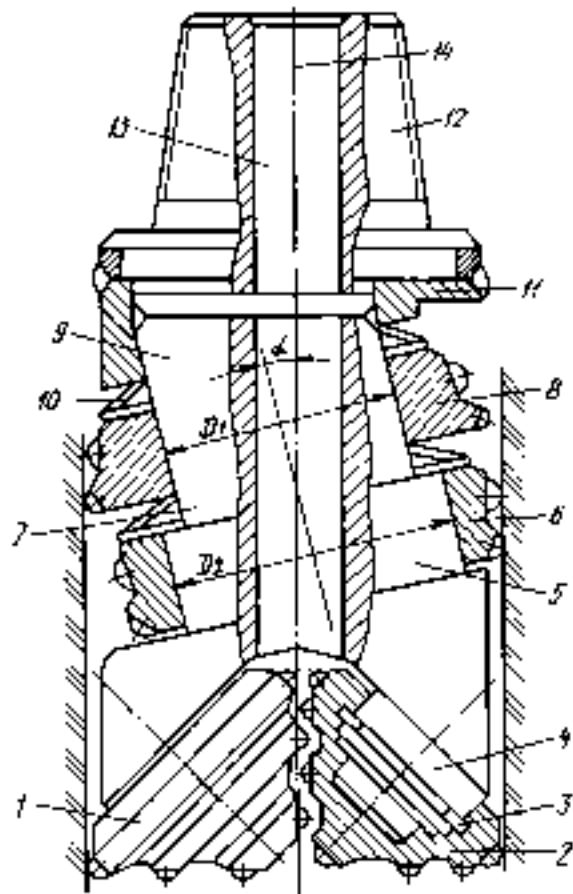
- провести анализ существующих конструкций шарошечных долот;
- выбрать базовую конструкцию двухшарошечного долота;
- обосновать усовершенствованную конструкцию двухшарошечного долота.

С даты изобретения двухшарошечного долота Говардом Хьюзом (1909 г.) были опубликованы более двух десятков патентов, в которых предлагались различные технические решения относительно зубьевого вооружения, конструкции или других элементов долота. И только в одном из них решается проблема центровки двухшарошечного долота.

Патент РФ №2306401 – Породоразрушающий инструмент (рисунок 1) предлагает внедрение в корпус центратора-калибратора, который позволит сохранить траекторию бурения двухшарошечного долота на длинные дистанции. Инструмент включает корпус с рабочим органом и присоединительной резьбой и шарошечный калибратор, размещенный на цапфе корпуса между рабочим органом и присоединительной резьбой. Рабочий орган выполнен в виде двухшарошечного долота с параллельно смещенными осями, цапфа под калибратор выполнена наклонной к оси корпуса и имеет ступенчатую форму. Точка пересечения оси цапфы с осью корпуса совпадает с осью долота, а ось цапфы расположена перпендикулярно к линии, соединяющей точки контакта шарошек со стенками скважины. Калибратор выполнен в виде нескольких шарошек, каждая из которых расположена на отдельной ступени цапфы и подпружинена в осевом направлении. [1].

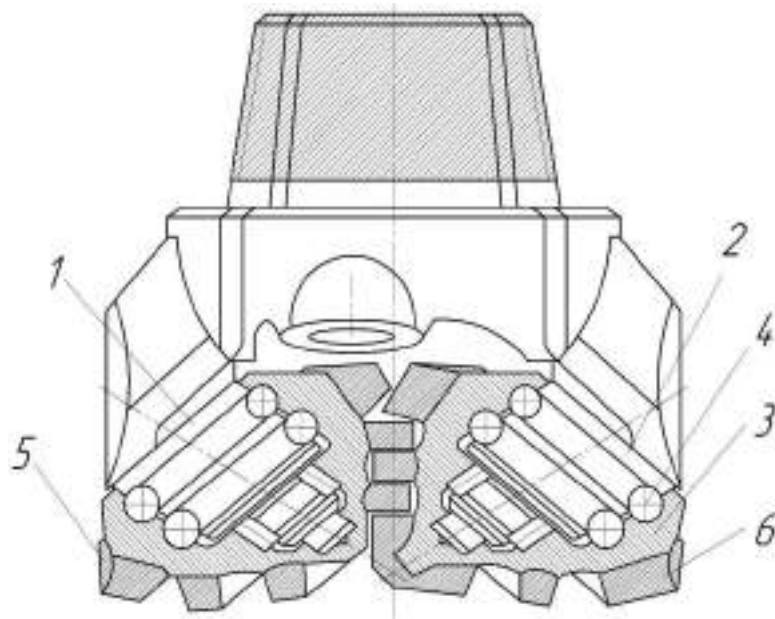
Однако недостатком данного технического решения являются быстрая потеря диаметра из-за слабого вооружения калибрующей части шарошки. Вследствие этого было принято решение перенести данное усовершенствование на другую модель шарошечного долота, которое имеет в вооружение не твердосплавные зубки, а фрезерованные.

За базовую модель двухшарошечного долота примем П295,3 М-ЦВ (рисунок 2).



1,2 – шарошки; 3 – замковые элементы; 4,5 – цапфы; 6 – шарошка; 7 – корпус;
8 – шарошка; 9 – цапфы; 10 – пружина; 11 – втулка; 12 – присоединительная резьба;
13 – осевой канал; 14 – ось корпуса.

Рисунок 1 – Породоразрушающий инструмент



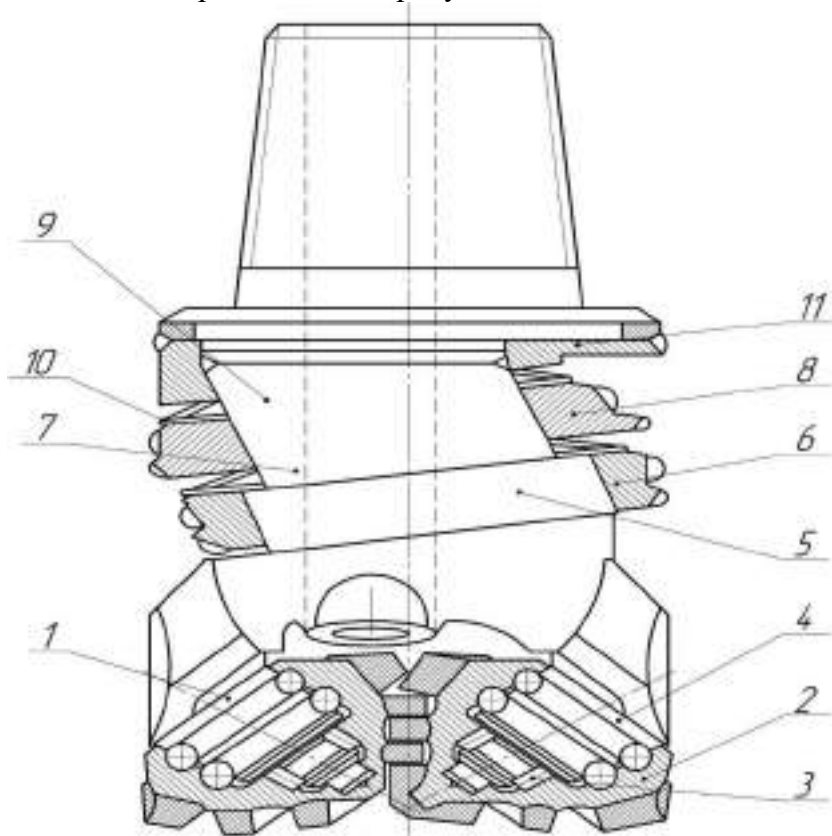
1 – лапы; 2 – наклонные цапфы; 3 – шарошки самоочищающиеся; 4 – подшипники;
5,6 – зубья;

Рисунок 2 – Двухшарошечное долото П295,3 М-ЦВ

Технические характеристики модели:

- диаметр долота (в мм) – 295,3;
- скорость вращения (об/мин) – 40-115;
- максимальная нагрузка (в кН) – 15-160;
- масса (в кг) – 45,5.

Внедрим центратор-калибратор в корпус базовой модели долота. Итоговый чертеж усовершенствованной модели представлен на рисунке 3.



1,2-шарошки; 3-замковые элементы; 4,5-цапфы; 6-шарошка; 7-корпус; 8-шарошка; 9 –цапфы; 10-пружина; 11-штука.

Рисунок 3 – Усовершенствованная модель породоразрушающего инструмента

Технический результат усовершенствования – обеспечение точной центровки при бурении, повышение технико-экономических показателей и улучшение вооружения калибрующей части шарошки.

По итогам работы был проведен анализ существующих конструкций шарошечных долот, выбрана базовая конструкция двухшарошечного долота, обоснована усовершенствованная конструкция двухшарошечного долота, и применена к базовой модели двухшарошечного долота, а также проведен патентный анализ двухшарошечных долот.

Библиографический список:

1. Пат. 2306401 Российская Федерация, E21B 10/26 (2006.01). Породоразрушающий инструмент / Н. М. Панин; заявитель и патентообладатель Москва – №2006115498/03; заявл. 06.05.2006; опубл. 20.09.2007, Бюл. №26 – 3 с.
2. Шарошечный буровой инструмент / А. Г. Ищук, Д. Ю. Сериков // книга. – 2021. – 297 с.
3. Анализ конструктивных особенностей двух- и трехшарошечных буровых долот для бурения нефтяных и газовых скважин / Д.А. Борейко, Д. Ю. Сериков // статья ВВН. – 2020. – 11.
4. Сравнительный анализ эффективности работы шарошечных буровых долот / А. О. Шигин, Д. А. Борейко, Н. Д. Цхадая, Д. Ю. Сериков // статья SOCAR. – 11 с.

Повышение эффективности разделения жидких смесей в колонных массообменных аппаратах путем применения термических эффектов

Санников И.В., Мадышев И.Н.

Нижекамский химико-технологический институт (филиал) «КНИТУ», г. Нижнекамск, Россия

Одним из наиболее распространенных процессов, встречающихся в химической промышленности, является ректификация [1]. Снижение энергозатрат, возникающих в ходе эксплуатации ректификационных колонн является приоритетным направлением оптимизации производственного процесса, поскольку позволяет значительно снизить финансовые затраты возникающие при работе установки. Хотя процесс ректификации достаточно хорошо изучен еще есть направления для снижения энергозатрат и повышения эффективности ректификационных установок. Одним из таких методов является термическая ректификация. Принцип работы данного метода заключается в нахождении оптимальных температурных показателей необходимых для каждого конкретного процесса, а также регулированием температуры непосредственно в колонне за счет дополнительного отвода тепла. Снижение энергозатрат достигается путем снижения массового расхода жидкости на выходе из конденсатора. Этому способствует то, что при термической ректификации процесс флегмообразования протекает не только в конденсаторе, но и в самой ректификационной колонне. Это так же оказывает влияние на снижение флегмового числа.

Целью проводимых исследований является определение влияния количества тепла отводимого от парожидкостной смеси на изменение расхода флегмовой жидкости при термической ректификации. Для этого путем применения аналитических решений метода расчета «от тарелки к тарелке» [2] найдем расходы и концентрации жидкой и паровой фаз разделяемых веществ на каждой из тарелок в ректификационной колонне.

Расчеты по определению массовых расходов жидкой и паровой фаз, а также их концентраций проводились на примере колонны со ступенчатым контактом фаз при ректификации смеси этиловый спирт – вода [3]. Исходная смесь при температуре 80 °С поступает в колонну, состоящую из 11 тарелок. Тарелка питания принята 6. Диаметр колонны принимался равным 0,6 м. Массовый расход исходной смеси принимался равным 1000 кг/ч. Массовая доля этанола в исходной смеси составляла 0,4 масс. Температура верху колонны составляла 79 °С, давление верху – атмосферное (101,325 кПа). Перепад давлений в колонне задавался равным 30 кПа. При этом, согласно результатам расчета, температура куба колонны не превышала 107,5 °С. Допускалось содержание этилового спирта в кубе не более 0,006% масс.

В результате выполненного потарелочного расчета ректификационной колонны определены составы жидкой и паровой фаз на выходе из каждой ступени. Нумерация тарелок произведена сверху вниз. На рисунках 1 и 2 отображено как изменялась концентрация этанола, а также изменение массовых расходов жидкой и паровой фаз разделяемых веществ. Как видно, мольная концентрация этанола на верхней тарелке колонны достигала значения 72%.

Далее был произведен расчет отвода тепла из верхней тарелки колонны. Тепловой поток в кипятильнике колонны составил 277,78 кВт, а в конденсаторе 260,97 кВт. При этом, вне зависимости от количества отведенного тепла из верхней тарелки колонны суммарный тепловой поток в конденсаторе и дефлегматоре оставался неизменным.

На рисунке 3 видно, что с увеличением количества отводимого тепла из верхней тарелки происходит снижение массового расхода жидкой и паровой фаз. Это связано с конденсацией части паров в самой колонне и, как следствие, снижением количества паров, поступающим для конденсации в конденсатор. В связи с этим снижается количество жидкости на выходе из конденсатора, в том числе и флегмовой жидкости, подаваемой на верхнюю тарелку. Интенсивность этого процесса будет повышаться с увеличением количества отводимого тепла. Так, массовый расход жидкой фазы общей смеси уменьшился в 2 раза при изменении соотношения отведенного тепла из верхней тарелки колонны к суммарному тепловому потоку в конденсаторе и дефлегматоре от значения равного 0,1 к 0,3.

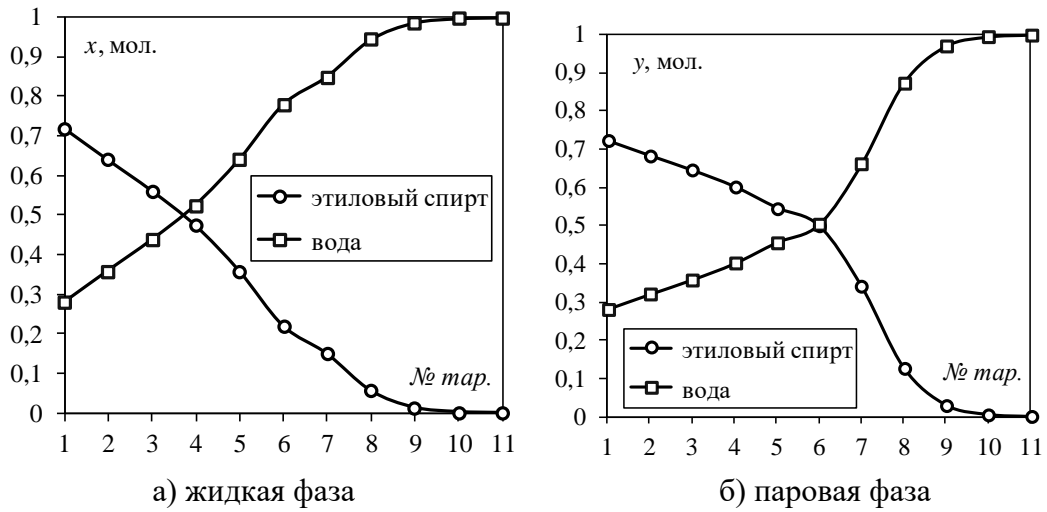


Рисунок 1 - Изменение концентрации разделяемых веществ в жидкой и паровой фазах в зависимости от номера тарелки при адиабатической ректификации

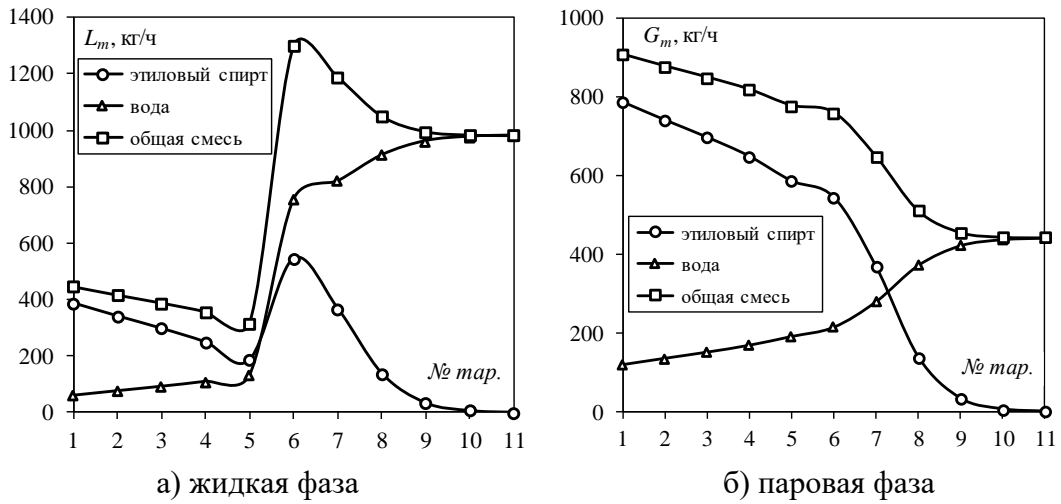


Рисунок 2 - Изменение массового расхода жидкой и паровой фаз разделяемых веществ в зависимости от номера тарелки при адиабатической ректификации

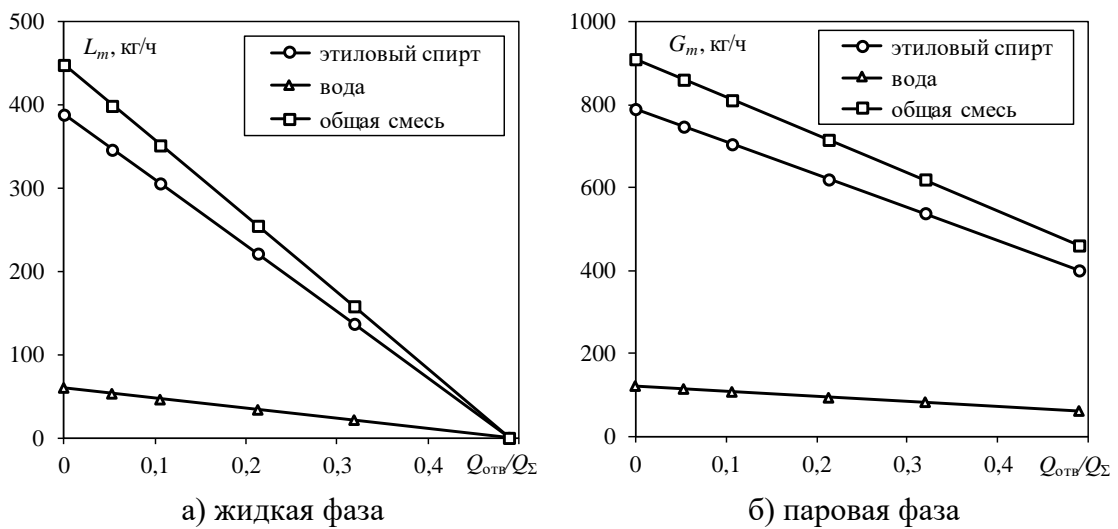


Рисунок 3 - Изменение массового расхода жидкой и паровой фаз разделяемых веществ в зависимости от соотношения отведенного тепла из 1-ой тарелки колонны к суммарному тепловому потоку в конденсаторе и дефлегматоре

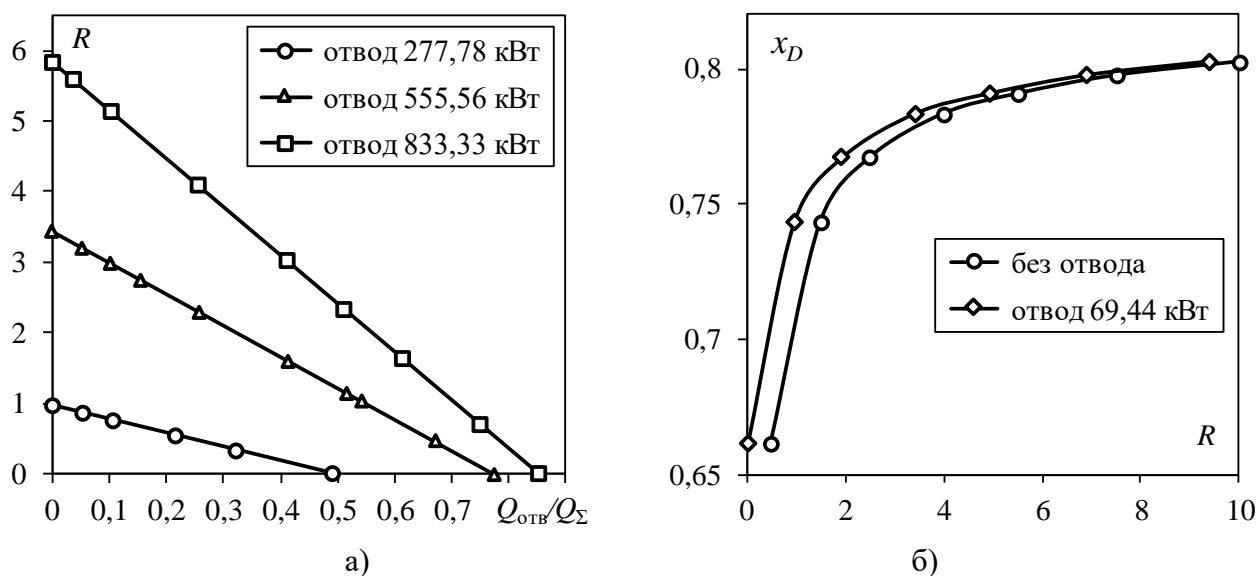


Рисунок 4 - Изменение флегмового числа в зависимости от соотношения отведенного тепла из 1-ой тарелки колонны к суммарному тепловому потоку в конденсаторе и дефлегматоре (а) изменение концентрации этанола в зависимости от изменения флегмового числа при различном количестве тепла, отводимого из верхней тарелки (б)

Как видно из графика, представленного на рисунке 4а, с увеличением количества отводимого тепла из верхней тарелки происходит снижение флегмового числа, так как в конденсатор поступает меньше паров. Так, флегмовое число уменьшилось в 2 раза при изменении количества подводимого к кипятильнику тепла с 833,33 кВт до 555,56 кВт и значении соотношения отведенного тепла из верхней тарелки колонны к суммарному тепловому потоку в конденсаторе и дефлегматоре равному 0,52.

На рисунке 4б показано изменение концентрации этилового спирта в ректификационной колонне с отводом тепла и в адиабатической ректификационной колонне при различных флегмовых числах. Видно, что при одном и том же флегмовом числе концентрация этилового спирта выше в колонне с отводом тепла. Так же видно, что с уменьшением флегмового числа разница значений концентраций возрастает.

По полученным результатам исследования видно, что при отводе тепла из верхней тарелки ректификационной колонны происходит снижение массового расхода жидкой и паровой фаз разделяемых веществ, а также снижение флегмового числа. При отводе тепла из верхней тарелки наблюдается повышение концентрации этанола. Есть возможность применения конденсатора с меньшей поверхностью теплообмена, так как снижается количество паров, поступающих в конденсатор. Так же снижается расход жидкости на выходе из конденсатора и, как следствие, количество жидкости, перекачиваемое флегмовым насосом, что ведет к снижению энергозатрат на перекачку.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-00001, <https://rscf.ru/project/21-79-00001/>.

Библиографический список:

1. В.М. Олевский, Пленочная тепло- и массообменная аппаратура. М.: Химия, 1988. 240 с.
2. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков, Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Химия. Ленинград, 1987, 574 с.
3. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник, М.: Химия, 1979. – 566 с.

СЕКЦИЯ 9. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

УДК 006.91

Оценка неопределенности измерений при проведении калибровки резервуаров вертикальных стальных

Отев К.С., Базарова А.М., Лиджиев Б.С.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

В нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности России и стран СНГ применяется большое число стальных вертикальных цилиндрических резервуаров (далее РВС), предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов, проведения учетных и торговых операций, взаимных расчетов между поставщиком и потребителем. В 2018 году в рамках реализации инвестиционного проекта АО «Транснефть-Север» были построены три плоскодонных, теплоизолированных РВС вместимостью 10000 м³ для хранения Ярегской высоковязкой нефти. Теплоизоляционный материал по периметру РВС представляет двадцатисантиметровый слой пеностекла, защищенный металлопрофилем от воздействий внешней среды. Необходимость теплоизоляции продиктована условиями эксплуатации РВС - сокращение теплопотерь высоковязкой нефти в окружающую среду (сохранение стабильной температуры).

Калибровку и градуировку резервуара осуществляют, руководствуясь ГОСТ 8.570-2000 «ГСИ. Методика поверки РВС» геометрическим и/или объемным методами. [1] Описываемый и широко используемый метрологическими лабораториями геометрический метод поверки, где вместимость первого пояса определяют по результатам измерений длины наружной окружности, толщины стенки и высоты первого пояса, а вместимости вышестоящих поясов определяют по результатам измерений радиальных отклонений, образующих от вертикали, толщин стенок и их высот является непригодным для проведения градуировки теплоизолируемых РВС в виду недоступности стенки, покрытой пеностеклом. Градуировка указанных резервуаров выполнялась объемным (проливным) методом, где вместимость определяют путем непосредственных измерений уровня поверочной жидкости, поступившей в резервуар, с одновременными измерениями ее температуры и объема, соответствующих измеренному уровню. Данный метод имеет ряд серьезных недостатков: высокая стоимость рабочих эталонов (требуется сборка специализированных схем), трудозатратен, менее экологичен.

В дальнейшей перспективе подходит срок периодической калибровки (установленный межкалибровочный интервал для РВС 5 лет), имеется целесообразность применения геометрических методов калибровки и градуировки РВС с применением лазерных сканирующих координатно-измерительных систем в соответствии с МИ 3171-2008. Лазерное сканирование считается самым быстрым и высокопроизводительным способом получения точной и максимально полной информации о пространственном объекте непростой формы. Суть технологии сканирования состоит в определении пространственных координат объекта при помощи лазерного сканера. Шаг сканирования (расстояние между точками на поверхности) варьируется от 1 до 10 мм. По результатам лазерной калибровки определяют действительные метрологические характеристики РВС, которые подтверждают или опровергают метрологическую исправность данного средства измерения на момент проведения калибровки в соответствии с назначением. В соответствии с критериями аккредитации метрологической лаборатории и ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» точность результатов калибровки должна быть выражена в показателях неопределенности. [2] В рассмотренной методике измерений МИ 3171 расширенная оценка неопределенности измерений не осуществляется. В данной работе предприняты попытки создания алгоритма обработки результатов измерений лазерного сканирования РВС (градуировки) с точки зрения оценки неопределенности измерений.

Неопределенность (измерения) – это параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Неопределенность является одним из подходов к оценке точности проведенного измерения. Этот точностной метод оценки измерений рассматривается в качестве альтернативы погрешности. Согласно РМГ 91-2019, отличие терминов «погрешность» и «неопределенность» заключается в следующем: результаты измерений в большинстве случаев следует характеризовать неопределенностью, а нормативы точности СИ, измерительных и контрольных процедур - пределами (границами) погрешности. Неопределенность привязана к измеренному, а не к истинному значению физической величины, поскольку невозможно установить, насколько хорошо известно единственное истинное значение величины, но можно узнать, насколько велико доверие к тому, что оно известно. Такая позиция отражает неполное знание об измеряемой величине, а степень доверия будет являться количественной вероятностной оценкой неопределенности измерения.

В соответствии с ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерений. Руководство по выражению неопределенности измерения» неопределенность включает в себя две составляющие: неопределенность типа «А» и «В». [3] Неопределенность от внесения поправки на известный систематический эффект может быть получена в некоторых случаях как оценка по категории «А», в то время как в других случаях – как оценка по категории «В», также, как и неопределенность, характеризующая случайный эффект.

Для обоснования алгоритма оценки неопределенности при градуировке РВС с помощью лазерного сканирования, которая выполнялась с помощью сканирующей станции Trimble SX-10 с допускаемой основной относительной погрешностью измерения одной координаты 5 мм, возьмём ограниченную выборку по координате X : 1,053714; 1,055159; 1,057124; 1,053285; 1,057349; 1,054294; 1,053285; 1,055149; 1,056519; 1,055741.

Алгоритм оценки неопределенности можно представить в виде следующей последовательности:

1. Вычисление среднего арифметического значения из всех измерений по выборке:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, \quad (1)$$

где: E_i – значение координаты, мм;
 n – количество измерений.

$$E = \frac{1}{10} (1,053714 + 1,055159 + 1,057124 + 1,053285 + 1,057349 + 1,054294 + 1,053285 + 1,055149 + 1,056519 + 1,055741) = 1,055162 \text{ мм.}$$

2. Вычисление неопределённости по типу А для источников случайного характера:

$$U_A(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где: E – среднее арифметическое значение координаты, мм;
 E_i – значение координаты, мм;
 n – количество измерений.

$$U_A(E) = \sqrt{\frac{(1,053714 - 1,055162)^2 + (1,055159 - 1,055162)^2 + (1,057124 - 1,055162)^2 + (1,053285 - 1,055162)^2 + (1,057349 - 1,055162)^2 + (1,054294 - 1,055162)^2 + (1,053285 - 1,055162)^2 + (1,055149 - 1,055162)^2 + (1,056519 - 1,055162)^2 + (1,055741 - 1,055162)^2}{10 \cdot (10 - 1)}},$$

$$U_A(E) = \sqrt{\frac{0,000021}{90}} = 0,00048 \text{ мм или } \frac{4,8 \cdot 10^{-4}}{1,055162} = 4,54\%.$$

3. Вычисление неопределённости по типу В для источников систематического характера:

$$U_B(E) = \frac{\Delta E}{\sqrt{5}}, \quad (3)$$

где: ΔE – предел допускаемой приборной погрешности с учетом погрешности 0,05 сканирующей станцией.

$$U_B(E) = \frac{1,055162 \cdot 0,05}{\sqrt{5}} = \frac{0,052758}{2,236068} = 0,024 \text{ мм или } \frac{0,024}{1,055162} = 0,02\%.$$

4. Вычисление стандартной суммарной неопределённости:

$$U_C(E) = \sqrt{U_A^2(E) + U_B^2(E)}, \quad (4)$$

где: $U_A(E)$ – значение неопределённости случайного характера;

$U_B(E)$ – значение неопределённости систематического характера (вносимая приборная погрешность).

$$U_C(E) = \sqrt{0,00048^2 + 0,024^2} = 0,02 \text{ мм или } \frac{0,02}{1,055162} = 0,019\%.$$

5. Вычисление расширенной неопределённости:

$$U = k \cdot U_C(E), \quad (5)$$

где: $U_C(E)$ – значение стандартной суммарной неопределённости;

k – коэффициент охвата (для вероятности охвата (доверительной вероятности) $P = 0,95$ выбирается коэффициент охвата $k = 2$).

$$U = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ мм или } 2 \cdot 0,019 = 0,038\% \approx 0,04\%.$$

Для наглядности представления результатов расчетов составим таблицу бюджета неопределённости измерений (таблица 1):

Таблица 1 – Бюджет неопределенности измерений

№	Параметр	Тип неопред.	Распределение	Стандартная неопред., мм	Вклад неопред., %
1	Источники случайного характера	А	Нормальное	0,00048	4,54
2	Источники систематического характера	В	Равномерное	0,024	0,02
3	Стандартная суммарная неопределенность	В	Равномерное	0,02	0,019
4	Расширенная неопределенность	В	Равномерное	0,04	0,038

Аналогично проводятся вычисления неопределенности измерений для координат Y и Z . После получения значений неопределенности результатов измерений, используя формулу (1), вычисляют среднее арифметическое, таким образом получая значение неопределенности, с которой сканирующая станция проводит градуировку РВС. Следовательно, неопределенность, с которой станция проводит измерение объема резервуара, будет применима к объёму массы нефти, которая будет находиться в данном РВС.

Обобщая результаты исследований можно сделать вывод, что использование расчета неопределенности измерений при калибровке и градуировки РВС обуславливается сложностью, а также неоднозначностью проводимых измерений. Для проведения калибровки и градуировки РВС важно знание неопределенности их результатов, так как она позволяет оценить точность

проведенных измерений и соответствовать актуальным требованиям нормативно-технической документации.

Библиографический список:

1. ГОСТ 8.570-2000. ГСИ. Резервуары вертикальные стальные цилиндрические. Методика поверки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <http://docs.cntd.ru/document/1200008446>(дата обращения 12.02.2022).
2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <http://docs.cntd.ru/document/1200166732> (дата обращения 10.02.2022).
3. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <http://docs.cntd.ru/document/1200146871>(дата обращения 15.02.2022).

УДК 678-13

Аналитические методы измерения кинетики полимеризации и напряжений композитов на основе смол

Базарова А.М., Отев К.С., Мучкинова Л.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Статья посвящена проведению анализа различных аналитических методов измерения кинетики полимеризации и напряжений композитов на основе смол. В процессе исследования рассмотрены характеристики и отличительные черты контактных и бесконтактных методов измерения. Отдельное внимание уделено неинвазивным оптическим методикам. В качестве перспектив развития рассмотрен метод, базирующийся на технологии волоконно-оптического зондирования. Практическая ценность данного метода заключается в том, что исследователи могут с высокой степенью достоверности получать точные данные о максимальном и минимальном размере полимеризационной усадки и напряжении, накопленном в композите.

Ключевые слова: композит, кинетика, усадка, напряжение, измерение, текучесть.

Высокая химическая стойкость к воздействию агрессивных сред, хорошие диэлектрические свойства, повышенная износостойкость обуславливают особую популярность и широкое применение композитов на основе смол. Сегодня такие композиты эффективно используются для защиты технологического оборудования от коррозии, улучшения физико-механических и теплофизических свойств деталей машин во многих отраслях промышленности. Кроме того, они обладают таким комплексом свойств, которые во многих случаях делают их незаменимыми в качестве основания клеев, лакокрасочных покрытий, компаундов и стеклопластиков. Также необходимо отметить, что композиты на основе смол имеют хорошую механическую стойкость, отличаются высокой адгезией к различным материалам, характеризуются широким спектром электроизоляционных свойств, тепло- и влагостойкостью [1].

Однако, использование многих установок в жестких условиях, в частности, работа механизмов под влиянием химически-активных сред, при сменных нагрузках и высоких температурах, обуславливает повышение требований к эксплуатационным характеристикам композитов. Поэтому создание новых материалов с улучшенным комплексом характеристик является одной из основных задач производства в настоящее время.

Обеспечение необходимых эксплуатационных характеристик композитов достигается путем введения в их состав минеральных или органических наполнителей разного типа [2], однако механизм их воздействия на физико-химические свойства композитов остается не до конца выясненным. Введение наполнителей в состав полимерных композитов на основе смол,

не только значительно улучшает их технологические свойства, но и оказывает существенное влияние на водостойкость, микротвердость, электропроводность и другие показатели. Одним из недостатков является то, что полимеризационная усадка и индуцированные напряжения во время процедуры полимеризации могут значительно ухудшить их характеристики. Например, известно, что, когда ван-дер-ваальсовы расстояния между непрореагировавшими мономерами преобразуются в расстояния их ковалентной связи в результате полимеризации, возникающая микроскопическая потеря свободного объема вызывает (объемную) полимеризационную усадку, близкую или превышающую 10%. Такая усадка искажает сформированные голографические решетки и структуры показателя преломления, что приводит к пагубному влиянию на характеристики материала [3]. Поэтому точные измерения усадки и напряжения важны для определения характеристик и дальнейшего усовершенствования производства композитов на основе смол.

Таким образом, обозначенные обстоятельства обусловили выбор темы проводимого исследования, а также являются свидетельством ее высокой теоретической и практической значимости.

Исследованию напряжения, которое возникает при полимеризации композитных материалов посвящены работы таких авторов как: Очкина Н.А., Старцева Е.Ю., Макарова Н.А., Ахметова Г.М., Биктимирова К.И., Bhadila, Ghalia; Menon, Deepak; Wang, Xiaohong.

Перспективы развития лабораторных инструментов для измерения полимеризационной усадки и напряжений композитных материалов рассматриваются в трудах Малышева Г.В., Гузева Т.А., Башкарева А.Я., Jäger, Franziska; Mohn, Dirk; Attin, Thomas; Tauböck, Tobias T.

Отличия между аналитическими методами, которые позволяют правильно интерпретировать их результаты и показания каждого измерения, факторы, обуславливающие несхожесть итоговых показателей различных подходов, используемых для измерения величины усадки и напряжений композитов на основе смол, находят свое отражение в работах Деева И.С., Швеца Н.И., Ямщиковой Г.А., Киртаевой А.В., Algamaiah, H.; Silikas, Nikolaos; Watts, D. C.

Однако, несмотря на достаточно весомое научное наследие по рассматриваемой тематике, а также широкое внимание к ней как со стороны научного, так и экспертного сообщества, необходимо отметить, что в контексте развития Индустрии 4.0, а также с учетом изобретения новых материалов и успехов в цифровизации метрологических исследований, возникает ряд новых нерешенных вопросов, которые требуют более детальной проработки и дополнительных исследований.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении критического анализа существующих аналитических методик и подходов, применяемых для измерения напряжения и объемной полимеризационной усадки композитных материалов на основе смол, а также обосновании перспективных направлений их развития.

Большинство методов, используемых для оценки полимеризационной усадки смоляных композитов, традиционно делится на две группы. Одни методы позволяют оценить изменение плотности и объема (дилатометр и пикнометр, метод плавучести), а другие базируются на использовании линейных измерений (линометр, интерферометр, термомеханический и оптический анализы) [4].

Некоторые из этих методов предполагают непосредственный контакт с образцами, например, линейный датчик вертикального смещения (LVDT), тензометры. Однако они могут создавать напряжения и дополнительные деформации, что изменяет результаты испытаний, поскольку в начале полимеризации материал представляет собой вязкую жидкость и не сопротивляется даже небольшим нагрузкам [5]. Также на сегодняшний день широкую популярность получили бесконтактные методы, такие как трехмерная (3D) микротомография, оптическая когерентная томография (ОКТ) и цифровая корреляция изображений (DIC) [6]. Кроме того, кинетика усадки композитных материалов может быть охарактеризована в процессе светового облучения с помощью метода, который получил название «метод связанного диска». Эти экспериментальные подходы позволяют точно измерить свободную деформацию и определить кинетику полимеризации, однако не всегда дают достоверные

результаты относительно величины напряжения композитов.

Среди неинвазивных оптических методов отдельного внимания заслуживают:

- 1) интерферометрические измерения временных/пространственных изменений в картинах интерференционных полос;
- 2) голографические измерения отстройки угла Брэгга либо одной наклонной объемной решетки, либо нескольких слабых объемных решеток под разными углами наклона.

Экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что интерферометрический метод позволяет оценить временную эволюцию усадки в одном - внеплоскостном (поперечном) направлении фотополимерной пленки. В свою голографический метод отстройки по углу Брэгга дает возможность достаточно точно проанализировать стабильную усадку во внеплоскостном и внутриплоскостном (поперечном) направлениях записанной фотополимерной пленки. Однако последний метод не может определить усадку на ранней стадии записи, так как записываемая решетка слабого объема постоянно обновляется в маловязком состоянии фотополимера. По этой причине интерферометрические измерения в реальном времени имеют большое значение для характеристики общих усадочных свойств композитов.

С учетом достижений Четвертой промышленной революции, а также новейших технологических решений, по мнению автора, для совершенствования метрологических измерений кинетики полимеризации и напряжений композитов на основе смол значительные перспективы и потенциал отдачи имеет подход, основанный на волоконно-оптических датчиках.

Технология волоконно-оптического зондирования — это на сегодняшний день мощная инновационная методика, которая применяется в самых разных областях, где само оптическое волокно выступает в качестве головки датчика. Эта технология может обеспечить новые решения для многих сложных требований, выдвигаемых к измерительным приборам, прогнозируется, что в ближайшем будущем она позволит повысить точность и информативность измерения широкого спектра параметров [7].

Опишем эту технологию более подробно.

Волоконно-оптические датчики имеют большие преимущества перед традиционными методами измерения благодаря своему малому весу, небольшому размеру, устойчивости к электромагнитным помехам, высокой температуре и химически активной среде, высокой чувствительности и мультиплексированию, а также возможности измерения различных параметров, таких как перемещение, температура, деформация, сила, акустическая эмиссия и т.д. Среди различных типов волоконно-оптических датчиков, доступных на сегодняшний день, волоконная решетка Брэгга (FBG), по мнению автора, является наиболее предпочтительным датчиком для композитов из-за простоты его встраивания.

В рамках проводимого исследования рассмотрим особенности картирования профиля полимеризационной усадки композита с помощью решетки Брэгга на оптическом волокне, а также корреляцию между степенью конверсии, скоростью полимеризации и линейной полимеризационной усадкой с использованием метода оптоволоконного зондирования.

В качестве тестового образца использовался композит Shofu Beautifil FO3. Этот композит на основе смол представляет собой текучий гиомерный наногибридный композит средней вязкости (содержание наполнителя 67,3%) со значением полимеризационной усадки 3,4% и модулем изгиба 7,6 ГПа.

В качестве оборудования использовалась полимеризационная лампа X-Lite-II с широкой длиной волны излучения 385–515 нм и заявленной производителем интенсивностью 1700 мВт/см². Головка лампы диаметром 8 мм была помещена на столик линейного перемещения. Для измерения профиля интенсивности лампы использовалась установка на основе измерителя мощности, как показано на рис. 1.

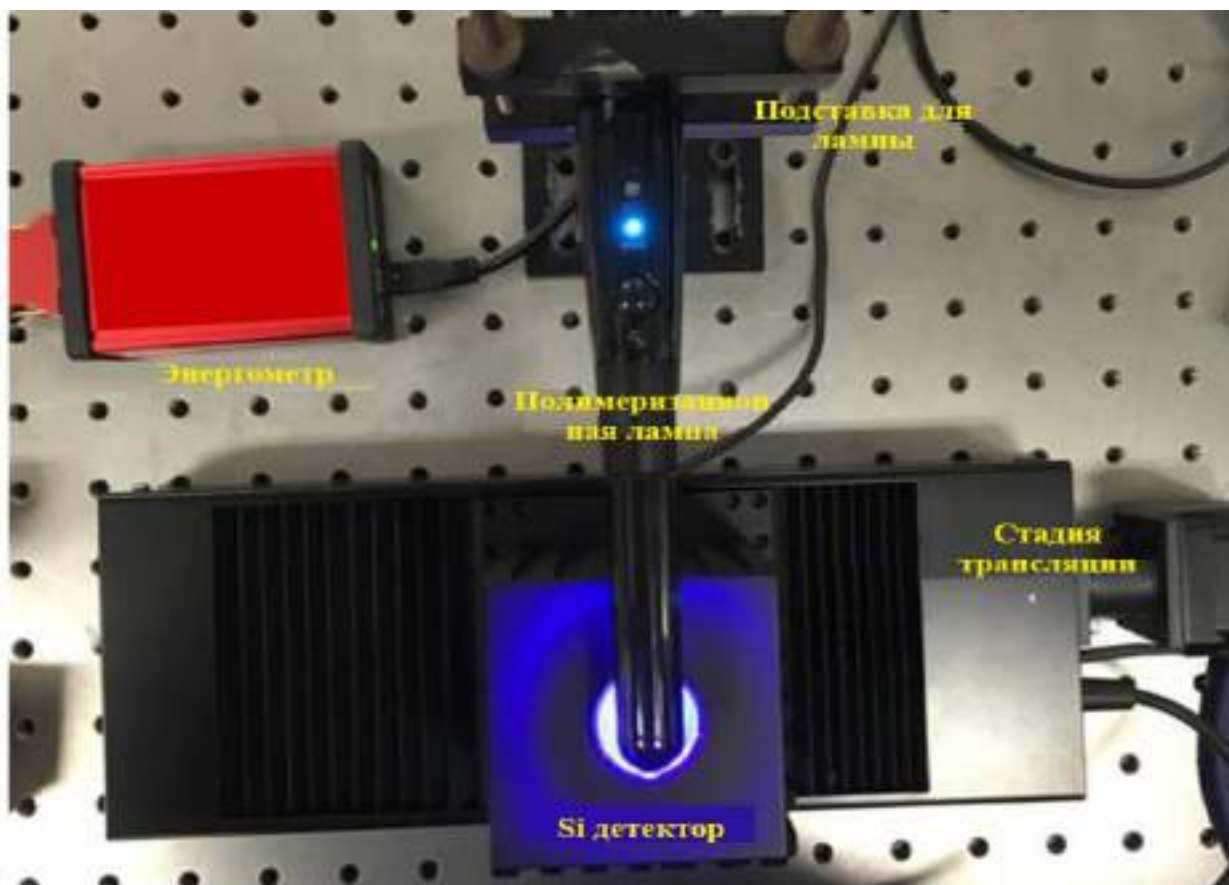


Рисунок 1 - Экспериментальная установка для измерения профиля интенсивности полимеризационной лампы

Элементарная оптическая брэгговская решетка представляет собой короткий участок одномодового оптического волокна, в котором показатель преломления сердцевинки периодически модулируется с помощью интенсивной оптической интерференционной картины, обычно на ультрафиолетовых длинах волн. Эта периодическая модуляция показателя позволяет соединить свет из прямого режима распространения в обратном режиме распространения в сердцевинке, генерируя отклик отражения с центральной длиной волны λ_G (длина волны Брэгга), которая задается как:

$$\lambda_G = 2n_{eff}A$$

где n_{eff} - эффективный показатель преломления ядра, а A - периодичность модуляции показателя преломления.

Сдвиг длины волны, $\Delta\lambda_s$, для измерения приложенной однородной продольной деформации, $\Delta\varepsilon$, определяется как:

$$\Delta\lambda_s = \lambda_G(1 - \rho_e)\Delta\varepsilon$$

где ρ_e — коэффициент фотоупругости. Для волокна с кварцевым сердечником значение $(1 - \rho_e)$ обычно равно 0,78.

Итак, путем измерения сдвига пиковой отраженной длины волны можно получить линейную деформацию композита. Измеряя сдвиг пика отраженной длины волны оптической решетки Брэгга, представляется возможным измерить линейную деформацию полимеризационной усадки композита.

Датчик с оптической решеткой Брэгга, используемый в данном исследовании, представляет собой массив из трех оптических решеток Брэгга длиной 3 мм с пространственным разделением между решетками 2 мм. Пиковая отраженная длина волны оптической брэгговской решетки в свободном пространстве около 1540 нм, 1550 нм и 1560 нм с отражательной способностью более 70%. Решетки были изготовлены на одномодовом

кварцевом волокне с полиамидным буферным покрытием диаметром около 150 мкм.

По мере полимеризации композита изменение длины волны датчиков, вызванное усадочной деформацией, регистрировали в течение 20 минут. Для измерения полимеризационной усадки сначала измерялась деформация, вызванная на оптическом датчике решетки Брэгга во время полимеризации. Поскольку деформация является мерой процента удлинения, процент усадки оценивался по измеренной деформации.

Полученные результаты исследования позволяют прийти к выводу, что технология волоконно-оптического зондирования представляет собой жизнеспособный метод измерения кинетики полимеризации композитов на основе смол. В процессе эксперимента была измерена постгелевая полимеризационная усадка композитных образцов в нескольких местах, которая коррелирует с локальной степенью превращения и скоростью полимеризации. Измеренная разница в степени превращения между образцами, отвержденными на расстоянии 2 мм и 10 мм от полимеризационной лампы, составила всего около 2,5%. Однако результаты показывают, что интенсивность света и распределение интенсивности значительно влияют на скорость отверждения и усадку после полимеризации геля.

Библиографический список:

1. Мальшева Г.В., Гузева Т.А. Точность изготовления деталей из полимерных композиционных материалов // *Технология металлов*. 2020. № 11. С. 3-9.
2. Algamaiah, Hamad Polymerization shrinkage and shrinkage stress development in ultra-rapid photopolymerized bulk fill resin composites // *Dental materials*. 2021. Volume 37: Issue 4; pp 559-567.
3. Aregawi, Wondwosen A. Shrinkage stress and cuspal deflection in MOD restorations: analytical solutions and design guidelines // *Dental materials*. 2021. Volume 37; pp 783-795.
4. Дударьков Ю.И., Лимонин М.В. Определение напряжений поперечного сдвига в слоистом композите // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2020. Т. 86. № 2. С. 44-53.
5. Bhadila, Ghalia Low-shrinkage-stress nanocomposite: An insight into shrinkage stress, antibacterial, and ion release properties // *Journal of biomedical materials research*. 2021. Part B. Applied biomaterials. Volume 109: Issue 8; pp 1124-1134.
6. Shah, Parag K. Photopolymerization shrinkage-stress reduction in polymer-based dental restoratives by surface modification of fillers // *Dental materials*. 2021. Volume 37: Issue 4; pp 578-587.
- Башкарев А.Я., Славутин Л.В., Кущенко А.В. Положительное влияние отрицательных напряжений на адгезионную прочность и долговечность полимерных композитов // *Современное машиностроение. Наука и образование*. 2021. №10. С. 690-701.

СЕКЦИЯ 10. МЕХАНИКА И ГРАФИКА

УДК 531 (0761)

Использование метода компьютерной анимации для анализа кинематики сложных механизмов

Набиева Е.М.

Руководитель – Михитаров А.Р.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

При проектировании и расчёте динамики механических передач сложной конструкции возникает необходимость в дополнительном математическом моделировании. Для этого может быть использован метод компьютерной анимации движения. Рассмотрим применение программы для анимации комплекса «Mathcad» для решения задач кинематики движения эллиптической передачи.

Для примера выбран механизм [1, С.111], который имеет следующие характеристики: овальное колесо O_2 , сцеплено с колесом O_1 , угловая скорость которого равна 8π рад/с. Оси вращения колес находятся в центрах овалов. Расстояние между осями равно 50 см. Полуоси овалов равны 40 и 10 см. Найти наибольшую и наименьшую угловые скорости овального колеса O_2 .

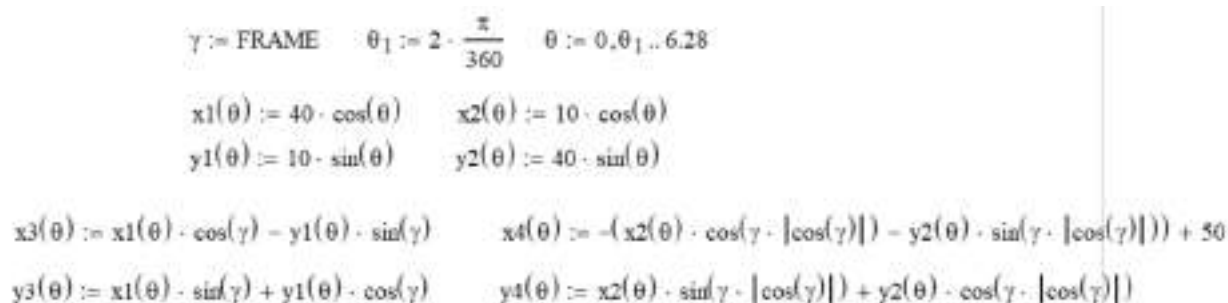
Дано:

$$\omega = 8\pi \text{ рад/с}, O_1O_2 = 50 \text{ см}, R = 40 \text{ см}, r = 10 \text{ см}.$$

Найти: $\omega_{1 \min}$, $\omega_{1 \max}$.

Сложность задачи состоит в том, что наперёд неизвестно как при этом должны быть расположены эллиптические колёса при их зацеплении.

С помощью команды «FRAME» пакета «Mathcad» выполнена анимация движения этого механизма (Рис. 1) [2].



```
γ := FRAME      θ1 := 2 · π / 360      θ := 0..θ1..6.28  
x1(θ) := 40 · cos(θ)      x2(θ) := 10 · cos(θ)  
y1(θ) := 10 · sin(θ)      y2(θ) := 40 · sin(θ)  
x3(θ) := x1(θ) · cos(γ) - y1(θ) · sin(γ)      x4(θ) := -(x2(θ) · cos(γ - |cos(γ)|) - y2(θ) · sin(γ · |cos(γ)|)) + 50  
y3(θ) := x1(θ) · sin(γ) + y1(θ) · cos(γ)      y4(θ) := x2(θ) · sin(γ - |cos(γ)|) + y2(θ) · cos(γ · |cos(γ)|)
```

Рисунок 1 - Команды для запуска программы «FRAME»

Затем задаются настройки анимации: начальное и конечное положение, частота кадра (Рис.2).

Далее включаем кнопку пуска (Animate) в окне настройки (Рис.2). В результате мы видим, как будут расположены эллиптические колёса при их движении с постоянным зацеплением (Рис. 3).

Так как точка зацепления эллиптических колёс K является для обоих колёс общей, то её скорость будет определяться произведением угловой скорости колёс на расстояние от центра колёс 1 и 2 соответственно. Используя эту зависимость, находим в режиме анимации два положения, при которых эти расстояния будут иметь максимальное соотношение, а также минимальное.

После этого можно решить поставленную задачу и найти максимальную и минимальную угловую скорость колеса 2 (Рисунки 1 и 2).

Данное положение механизма наступает, когда расстояние от центра ведущего колеса (красное) до точки зацепления максимальное, а от центра ведомого колеса (синее) – минимальное.

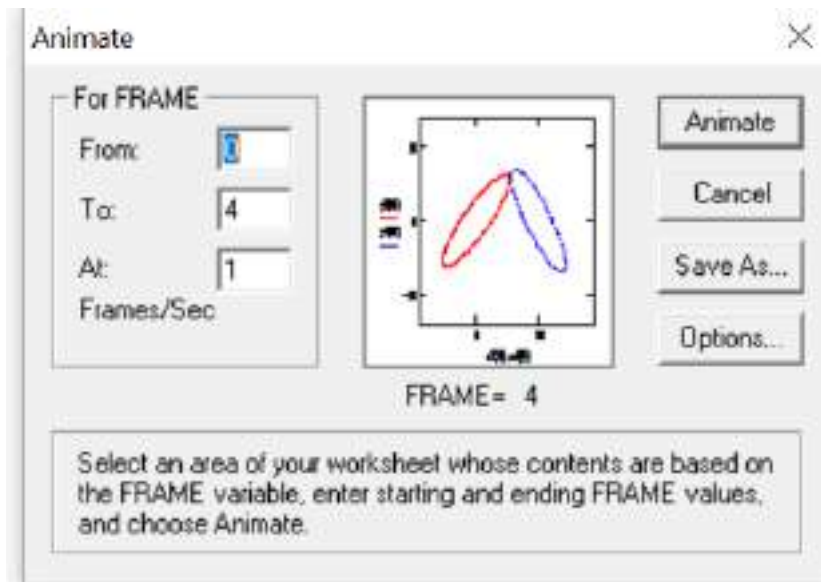


Рисунок 2 -. Функция настройки режима анимации

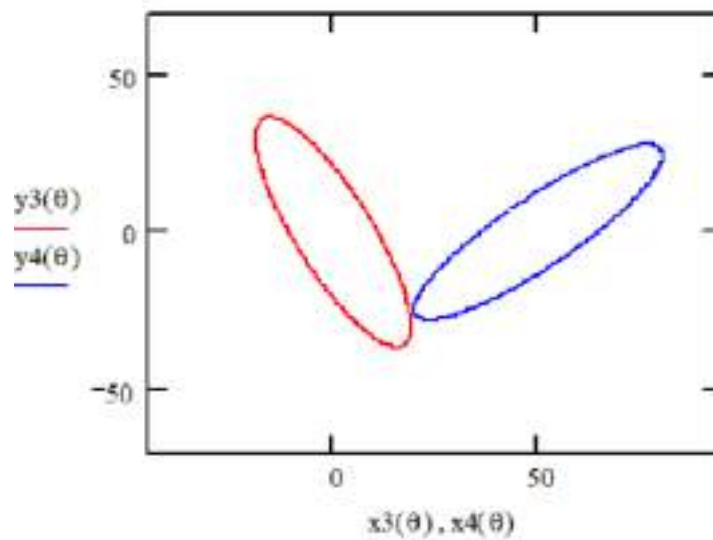


Рисунок 3 - Фрагмент анимации движения в программе «FRAME»

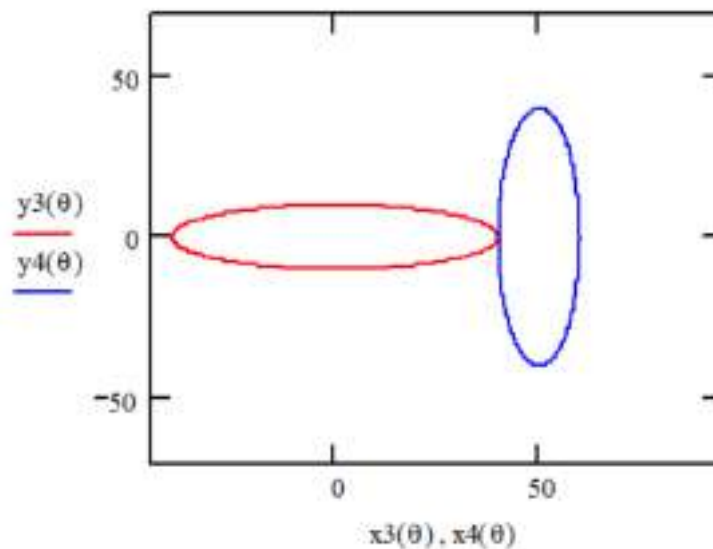


Рисунок 4 –положение механизма при максимальной угловой скорости колеса 2

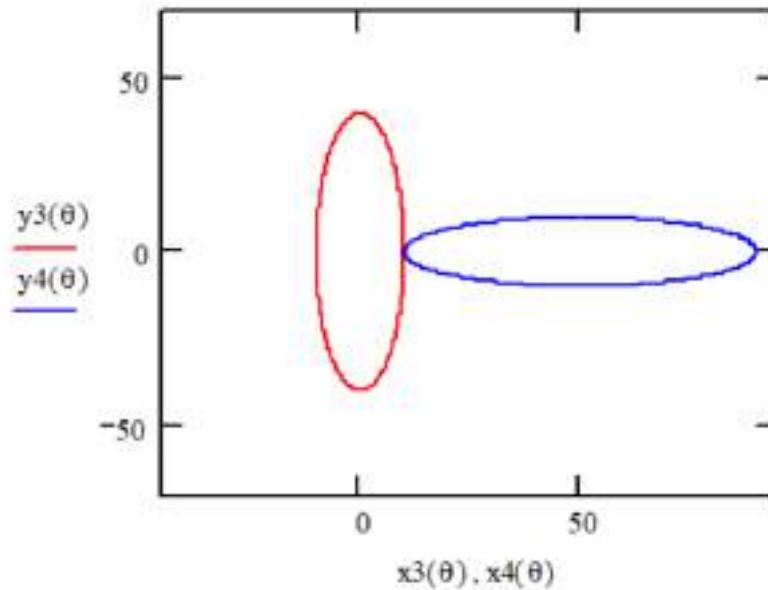


Рисунок 5 – Положение механизма при минимальной угловой скорости колеса 2

При этом положении наоборот, расстояние от центра ведущего колеса (красное) до точки зацепления минимальное, а от центра ведомого колеса (синее) – максимальное.

$$U_k = \omega \cdot OK = \omega_{1 \max} \cdot O_1K \quad (1)$$

Отсюда:

$$\omega_{1 \max} = \frac{\omega \cdot O_1O_2}{O_2K}, \text{ рад/с} \quad (2)$$

$$\omega_{1 \max} = \frac{8\pi \cdot 40}{10} = 32\pi, \text{ рад/с}$$

$$\omega_{1 \min} = \frac{\omega \cdot O_1K}{O_2K}, \text{ рад/с} \quad (3)$$

$$\omega_{1 \min} = \frac{8\pi \cdot 10}{40} = 2\pi, \text{ рад/с}$$

На этом примере мы видим необходимость использования дополнительных методов для правильного решения задач динамики сложных механизмов. Одним из таких вспомогательных методов и является компьютерная анимация.

Библиографический список:

1. Мещерский И. В. М 56 «Задачи по теоретической механике» Учебное пособие 49-е изд. Стер./ Под редакцией В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. СПб.:Издательство «Лань»,2008—448 с.:ил.— (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. В.Ф. Очков Живые кинематические схемы в Mathcad [Электронный ресурс] / В.Ф. Очков // Открытое образование – 3/2013. – 27-33 с. – Режим доступа: "http://lib.ugtu.net/book/41714/".

Методика оценки скоростей локализованной коррозии и повышения хрупкости металла труб нефтегазопроводов

Рылько Н.М., Попова Л.В.

Научный руководитель – Чувашов А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний момент остро стоит проблема в обеспечении безопасности трубопроводов в нефтегазовой отрасли. Присутствие в добываемых средах агрессивных компонентов, например сероводорода, усугубляет данную проблему. В нефтепроводах, которые транспортируют рабочие среды, содержащие сероводород, возможны локализованные процессы деформационного старения, водородного охрупчивания и анодного растворения металла.

Цель данной работы является методика оценки скоростей локализованной коррозии и повышение хрупкости металла труб под влиянием сероводородсодержащей рабочей среды и активации диффузионно–коррозионных процессов.

Одним из признаков сероводородной коррозии является образование трещин на металле. Большая часть сталей, содержащих сероводород, в напряженном состоянии начинает быстро разрушаться. При наличии воды воздействие сероводорода на металл вызывает образование таких веществ как сульфид железа и водород, который в свою очередь частично проникает в металл тем самым делает его хрупким и непрочным. В этом случае при повышении прочности металла на разрыв и текучесть происходит рост опасности сульфидного растрескивания.

Также одним из ключевых признаков, определяющих интенсивность коррозии, является парциальное давление сероводорода в газе. При этом сероводород способен привести к существенной коррозии при парциальном давлении 150 Па.

Механизм водородного охрупчивания отличается тем, что в вершине трещины в результате гидролиза продуктов коррозии устанавливаются некие значения рН и потенциала, при которых термодинамически возможен процесс разряда ионов водорода. Далее водород концентрируется на внутренней поверхности трещины, исключив при этом докритическое подрастание трещин по механизму адсорбционного понижения прочности.

Одна часть адсорбированного атомарного водорода перераспределяется в молекулы водорода и десорбируется, а вторая – растворяется в решетке металла. Растворенный водород диффундирует в зону трехосного напряженного состояния, расположенную впереди вершины трещины и вызывает снижение теоретической прочности металла. При накоплении критической концентрации водорода возникает микротрещина, которая впоследствии сливается с магистральной.

Доказательством водородного механизма влияния среды является скачкообразный рост трещин. Поскольку диффузия водорода по границам зерен значительно облегчена, что вызвано повышенной дефектностью их строения, докритический рост трещин происходит преимущественно межзеренно. Для выяснения механизма влияния коррозионной среды часто привлекаются фрактографические исследования. В частности, межзеренный характер распространения трещин в высокопрочных низколегированных конструкционных сталях позволяет рассматривать водородное охрупчивание как механизм, ответственный за ускорение роста трещины.

Наиболее всего подвержены водородному низкопластичные стали в сочетании с высокими степенью трёхосности напряженного состояния и градиентов напряжений в вершине трещины. В высокопластичных и низкопрочных сталях снижается объемность напряженного состояния, его зона смещается дальше от вершины трещины, при этом падает градиент напряжений. Все эти факторы влияют на перенос водорода в зону предразрушения и на концентрирование критической концентрации, которая необходима создания трещины.

В случае если задержка водородного охрупчивания связана с проникновением водорода в металл через барьерную окисную пленку, появившуюся вследствие контакта металла и

среды, то кинетика роста трещины устанавливается условиями их образования и разрушения. Это в первую очередь касается циклического нагружения, когда от уровня коэффициента интенсивности напряжений и частоты нагружения зависит плотность защитных пленок, препятствующих проникновению водорода в металл.

При высокой коррозионной активности в системах металл–среда у вершины трещины возможно возникновение анодного растворения металла, при этом происходит рост длины самой трещины. Роль напряжений в этом случае состоит в механической активации коррозии металла у вершины трещины.

В последнее время развит метод индикации механизма воздействия коррозионных сред. Данный метод основан на сравнении скоростей роста трещин при испытаниях с отсутствием и наложением катодной поляризации. Если внешняя поляризация приводит к усилению кинетики роста трещины, то доминирующий механизм – водородное охрупчивание. И наоборот, снижение скорости роста трещины свидетельствует о возникновении локального анодного растворения, интенсифицируемого соответствующими высокими напряжениями в металле её вершины.

Для определения скорости коррозии проведем расчет базируясь на [6].

Скорость движения газожидкостной смеси:

$$\vartheta_{\text{ср}}^2 = 3,172 \cdot (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}}) \cdot g \cdot D / \rho_{\text{в}} \quad (1)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность нефти, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

D – диаметр трубопровода, м.

$$\vartheta_{\text{ср}} = \sqrt{3,172 \cdot (1000 - 851) \cdot 9,81 \cdot 0,8 / 1000} = 1,95 \text{ м/с.}$$

Мощность сил трения частиц максимального диаметра о дно трубопровода при расчетной скорости газожидкостной смеси:

$$N = 0,334 \cdot \pi \cdot (\rho_{\text{тв ч}} - \rho_{\text{ж}}) \cdot g \cdot \varphi \cdot \vartheta_{\text{ср}} \cdot (2 - d/D) \cdot d^4 / D \quad (2)$$

где $\rho_{\text{тв ч}}$ – плотность твердых частиц, кг/м³;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\vartheta_{\text{ср}}$ – скорость движения газожидкостной смеси, м/с;

d – диаметр частиц, м;

φ – коэффициент трения частиц о металл;

D – внешний диаметр трубопровода, м.

$$N = 0,334 \cdot 3,14 \cdot (7800 - 925,5) \cdot 9,81 \cdot 0,07 \cdot 1,95 \cdot (2 - 0,0012/0,82) \cdot 0,0012^4 / 0,8 = 510^8 \text{ Вт.}$$

Скорость перехода расслоенной структуры движения смеси $v_{\text{кр1}}$ в эмульсионную:

$$\vartheta_{\text{кр1}} = \sqrt{(D \cdot (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{см}})) / 16 \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha^2)} \quad (3)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³;

$\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси, кг/м³;

α – относительная координата, равная отношению расстояния от оси потока до исследуемой точки к половине диаметра поперечного сечения потока, принимаем $\alpha = 0,99$;

D – внешний диаметр трубопровода, м.

$$\vartheta_{\text{кр1}} = \sqrt{(0,8 \cdot (1000 - 230)) / 16 \cdot 230 \cdot 0,99 \cdot (1 - 0,99^2)} = 2,91 \text{ м/с.}$$

Проводим сравнение расчетной скорости движения смеси со скоростью $v_{\text{кр1}}$. Если расчетная скорость движения смеси при малой обводненности больше $v_{\text{кр1}}$, то скорость коррозии принимается равной 0,01 мм/год.

При перекачке высокообводненной нефти скорость перехода эмульсионной структуры потока в дисперсную $v_{кр2}$, при которой происходит вынос твердых частиц в ядро потока:

$$v_{кр2} = \sqrt{(D \cdot (\rho_{твч} - \rho_{см})) / 16 \cdot \rho_{см} \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha^2)} \quad (4)$$

$$v_{кр2} = \sqrt{(0,8 \cdot (7800 - 230)) / 16 \cdot 230 \cdot 0,99 \cdot (1 - 0,99^2)} = 9,13 \text{ м/с.}$$

Проводим сравнение расчетной скорости движения смеси со скоростью $v_{кр2}$. Если расчетная скорость движения смеси при высокой обводненности нефти больше $v_{кр2}$, то скорость коррозии принимается равной 0,3 мм/год. Если расчетная скорость смеси меньше $v_{кр2}$, то скорость коррозии определяется по формуле:

$$\omega = 3,1213 \cdot 10^6 \cdot N + 0,3 \quad (5)$$

$$\omega = 3,1213 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-8} + 0,3 = 0,46 \text{ м/с.}$$

Вывод. Основываясь на термодинамических механизмах разрушения материалов, была получена аналитическая зависимость для описания коррозионно-диффузионных процессов в зависимости от напряженно-деформированного состояния металла труб.

Произведен расчет скорости коррозии в трубопроводе, транспортируемом газожидкостную смесь.

Библиографический список:

1. Гутман Э.М., Зайнуллин Р.С., Зарипов Р.А. Долговечность сосудов высокого давления в условиях механохимической коррозии // Коррозия и защита. – 1977. – № 9. – С. 3–5;
2. Гутман Э.М., Шаталов А.Т., Зайнуллин Р.С., Зарипов Р.А. Определение толщины стенок газопромысловых труб с учетом изменения скорости общей коррозии и напряженного состояния металла // Коррозия и защита трубопроводов, скважин, газопромыслового и газоперерабатывающего оборудования. – 1979. – № 2. – С. 15–19;
3. Зайнуллин Р.С., Мухаметшин Р.Р. Разработка математической модели механохимической повреждаемости металла конструктивных элементов с учетом пластической деформации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2009. – Вып. 3 (77). – С. 73–79;
4. Харисов Р.А., Сазонов К.А. Оценка влияния на ресурс элементов нефтегазового оборудования повреждений и коррозии металла // Безопасность нефтегазового оборудования и трубопроводов: Сб. научн. тр. ГУП «ИПТЭР». – Уфа: ГУП «ИПТЭР», 2010. – С. 27–34;
5. Харисов Р.А., Кантемиров И.Ф., Зайнуллин Р.С. Оценка скорости и торможения развития трещин в трубах при однократных перегрузках // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 4. – С. 17–22;
6. Ситенков В.Т., Перевозченко В.И. Расчет скорости коррозии трубопроводов, транспортирующих нефтегазовую смесь // Нефтяное хозяйство. – 2004. – №11. – С.104–107.

УДК 744.00

Применение прикладных программ при построении чертежей в работе специалиста по промышленной безопасности

Сазанова Н.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Развитие новых технологий постоянно предъявляет все более жесткие требования к современному инженеру-конструктору. Уже давно остались в прошлом те времена, когда все конструкторские расчеты, чертежи и документация выполнялись вручную, а главными инструментами проектировщика были карандаш и линейка.

Точность таких чертежей и документации зависела от многих субъективных факторов, таких как тщательность выполнения графического изображения, квалификация

проектировщика и пр. Самый существенный недостаток этого в том, что такие чертежи практически невозможно было редактировать.

В результате проектируемый объект мог быть далек от совершенства. За два последних десятилетия информационные технологии коренным образом изменили принципы конструирования, ускорив при этом процесс разработки изделия, повысив его точность и надежность в десятки раз.

Благодаря высоким технологиям сфера конструирования развивалась, и в результате появилась отдельная самостоятельная отрасль - автоматизированное проектирование. Постепенно в графических редакторах стало возможно повторно использовать ранее спроектированные изделия, легко и быстро создавать типовые элементы, самостоятельно оформлять чертежи и прочую документацию.

Для инженера по промышленной безопасности важным является умение работать в таких программах, т. к. при проектировании системы безопасности мало просто произвести расчет основных параметров, необходимо представить наглядное изображение предложенного мероприятия.

Цель работы - разобрать различные прикладные программы и определить программу, наиболее «удобную» в применении для будущих инженеров.

Задачи:

- ознакомиться с различными прикладными программами по построению чертежей;
- ознакомиться с методами и алгоритмами, используемыми в рассматриваемых программах для построения моделей;
- воспользоваться одной из приведенных программ для построения чертежа;
- написать выводы о проделанной работе.

В настоящее время существует довольно много программ для построения чертежей. Ознакомимся с некоторыми из них:

1. Компас

Универсальная система трехмерного проектирования, находит своё применение при решении различных задач, в том числе и архитектурно-строительного и технологического проектирования.

Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже [1].

Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трёхмерной модели. Имеется возможность связи трёхмерных моделей и чертежей со спецификациями, то есть при «надлежащем» проектировании спецификация может быть получена автоматически; кроме того, изменения в чертеже или модели будут передаваться в спецификацию, и наоборот.

В нефтегазовом деле позволяют осуществлять проектирование планов и маршрутов механической обработки поверхностей деталей примерно одинаково, а именно в диалоговом режиме с некоторой степенью автоматизации отдельных шагов, а также для определения возможностей повышения производительности проектных работ.

2. AutoCAD

Программа представляет собой 2- и 3-мерную систему автоматизированного проектирования и черчения, которая была разработана компанией Autodesk. Самый первый вариант вышел в 1982 году, часто применялись в промышленности: например, в области машиностроения, строительства, архитектуры и иных отраслях экономики. разработанная компанией Autodesk.

AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности.

Текущая версия программы включает в себя полный набор инструментов для комплексного трёхмерного моделирования (поддерживается твердотельное, поверхностное и полигональное моделирование) [2].

AutoCAD позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы рендеринга mental ray. Также в программе реализовано управление трёхмерной печатью (результат моделирования можно отправить на 3D-принтер) и поддержка облаков точек (позволяет работать с результатами 3D-сканирования).

Во многих компаниях знание программы AvtoCAD так же не обходимо. В нефтегазовом деле программа необходима в обстройке месторождений, установки и подготовки системы жизнеобеспечения. Создание проектов комплексного обустройства и реконструкции нефтегазовых месторождений и отдельных элементов и их инфраструктуры.

3. SolidWorks

SolidWorks (Солидворкс) - программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. Работает в среде Microsoft Windows. Решаемые задачи:

- Конструкторская подготовка производства:
- 3D проектирование изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учётом специфики изготовления.
- Создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТ.
- Промышленный дизайн и другие.

В нефтегазовом деле программа позволяет создавать трубопроводы и коммуникации, гидравлические и пневматические системы, трубопроводные обвязки, а также проектировать различные инженерные коммуникации, приборы и оборудование, подводки и шланги.

4. ANSYS

ANSYS - универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматических инженерных расчётов.

В ней можно вести расчеты статической и динамической прочности под воздействием гидравлического давления, крутящих моментов, центробежной силы и внешних воздействий, расчет контактных задач, инженерного анализа на ранних стадиях разработки изделия для уменьшения в конечном счете количества экспериментов и реальных прототипов. Так же используется для расчета механики деформируемого твердого тела и гидрогазодинамики.

Ниже приведены интерфейсы всех выше перечисленных программ (рисунок 1).

Рассмотрим задачу, которую необходимо решить специалисту по промышленной безопасности на практике.

Во время диагностики и ремонта трубопровода [3], находящегося под землей, необходимо обеспечить безопасное поднятие грунта и дальнейшее обслуживание трубопровода работниками. При выполнении земляных работ на работника действуют различные виды опасностей.

Согласно статистике, одной из причин возникновения несчастных случаев является обрушение земляных масс. В данный момент на предприятии земляные работы выполняются с применением системы откосов, но, как показывает статистика, она не является эффективной.

Поэтому необходимо рассмотреть другой вариант укрепления траншеи (котлована) при ремонте трубопровода. В рамках данной задачи был произведен расчет основных параметров шпунтового ограждения в виде металлической стенки и анкерной системы для поддержания шпунтовой стенки при дефекте кольцевого стыка длиной 4 метра, при котором ремонт производится муфтой.

Были получены следующие данные. Рассмотрим на примере (таблица 1):

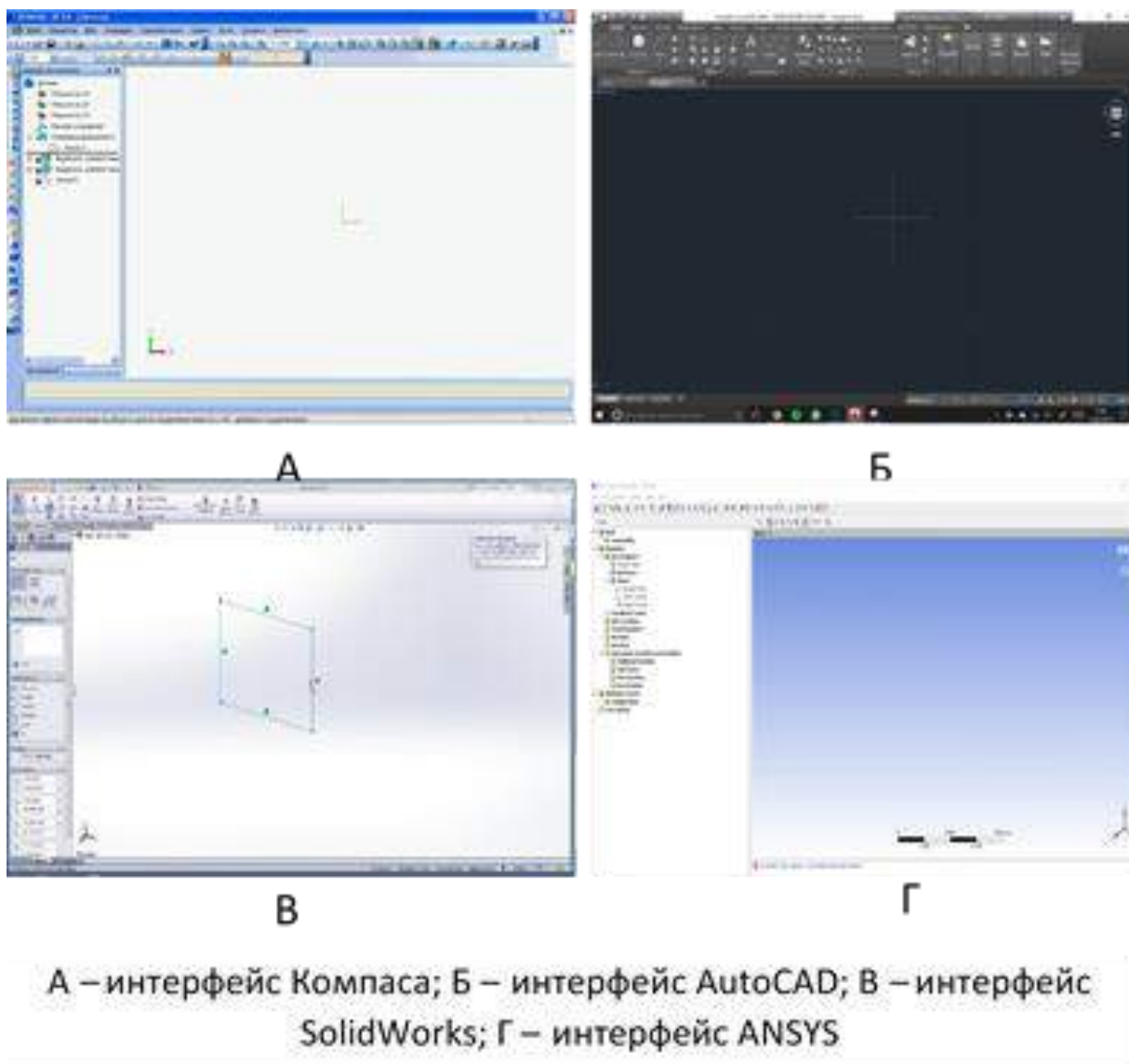


Рисунок 1

Таблица 1 - Количество необходимых материалов

Количество шпунтин, шт	Количество распорок, шт	Количество распределительных поясов, шт
32	3	2

Для наглядного изображения и понимания работниками необходимого мероприятия необходимо также представить вид шпунтового ограждения. Поэтому был произведен чертеж системы безопасности с обозначением характеристик (рисунок 2):

Чертеж был выполнен в программе AutoCAD, поскольку ее функционал шире, чем в других программах, а также она более простая в использовании

Из выше сказанного сделаем выводы: несмотря на то, что программа AutoCAD старого типа, она до сих пор не уступает многим другим программам в качестве и сложности построенных деталей и часто используется в работе инженера по ПБ.

Программа Компас проста в изучении, позволяет создавать чертежи и детали и подходит начинающим пользователям, так как в ней можно обучиться основам, понять, как работает система автоматизированного проектирования, а после чего можно переходить к более сложным программам, таким как ANSYS.

В интернете AutoCad считается программой более простой и понятной в построение чертежей, поэтому ее рекомендуют в качестве программы для создания чертежей деталей.

ANSYS мощная программа, позволяющая делать расчеты давления, динамической прочности и так далее, но сложные детали сделать практически невозможно, в отличии от таких программ как AutoCad и Компас.

Каждая программа имеет свою механику и интерфейс, подходящий для каждого по-разному, поэтому выбор всегда остаётся на усмотрение пользователя.

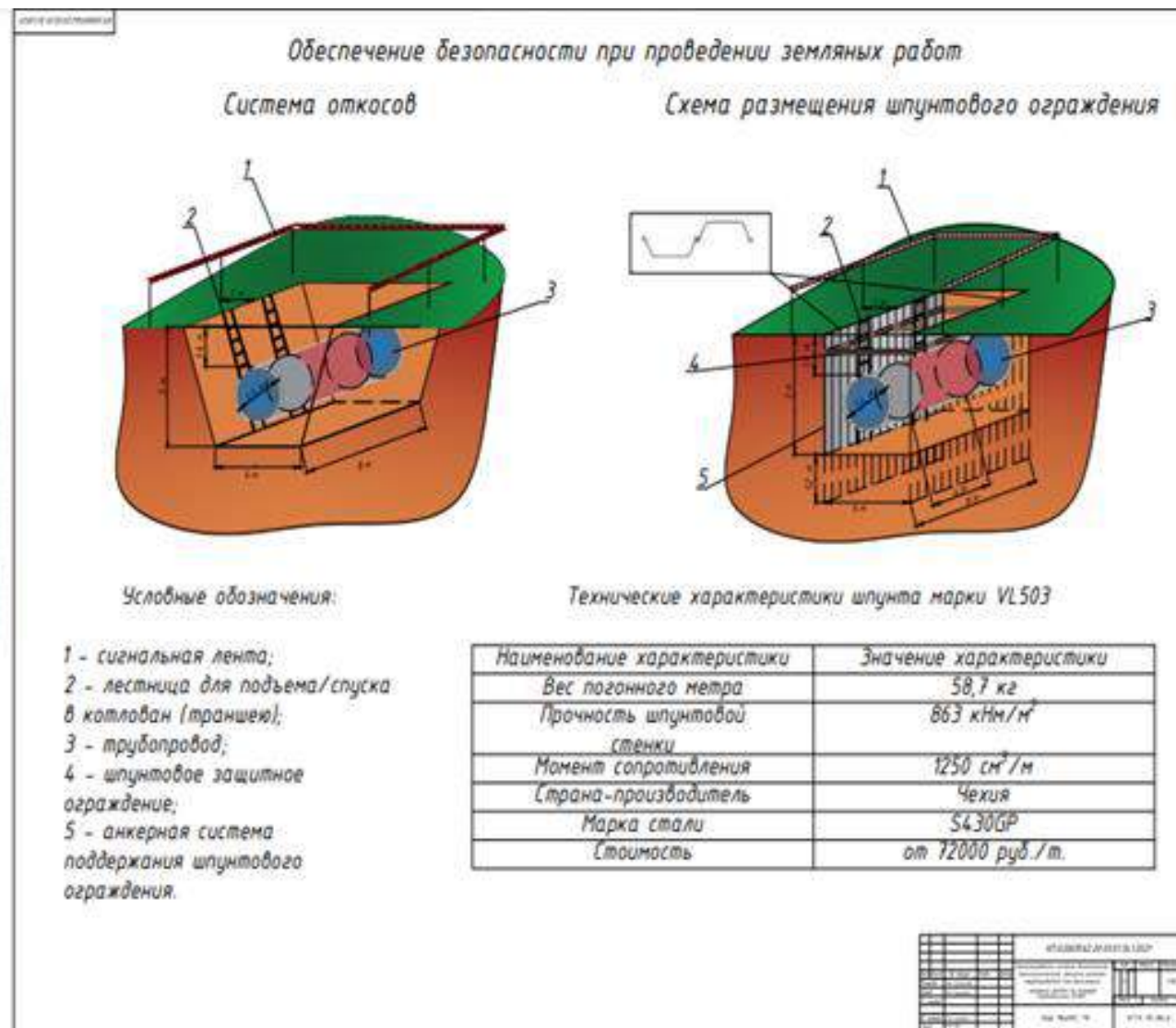


Рисунок 2 – Чертеж системы безопасности с обозначением

Библиографический список:

1. Ванюшина Т. В., Маркин В.И. Выполнение чертежей в системе КОМПАС-3D LT 5.1, методическое указание к практическим занятиям. Рязань, 2005.
2. ПО САПР: автоматизация проектирования, инструментари, веб- и мобильный доступ [Электронный ресурс]. - <https://www.autodesk.ru/products/autocad/overview> (Дата обращения 27.02.2022).
3. ВСН 38-96. «Указания по производству земляных работ на жилищно-гражданском строительстве, осуществляемом организациями Главмосстроя» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/doc-ument/1200046378>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения: 27.02.2022 г.).

Моделирование вероятности неразрушения деталей машин при случайном комбинированном воздействии

Шевельдин К.А., Сазанская Д.Е.

Научный руководитель – Савич В.Л., Крючков С.В.

Ухтинский Государственный Технический Университет, г Ухта, Россия

В процессе эксплуатации различных конструкций характер нагрузок чаще всего выступает в виде случайного проявления. В этом варианте помимо детерминированного классического подхода применяются методы теории вероятности и математической статистики.

Применение комплексных подходов позволяет наиболее точно произвести прочностные расчеты при сложных видах нагружения

Методом статистического моделирования с применением компьютерных технологий приближенно найдена оценка вероятности неразрушения элемента кругового поперечного сечения для случая, когда продольная сила, изгибающий и крутящий моменты имеют логнормальное распределение, диаметр — нормальное, а предел прочности материала детали — трехпараметрическое распределение Вейбулла [1, 2].

Необходимость применения вероятностных методов является актуальным при решении инженерных задач, с целью не только оптимизации параметров элементов конструкций, но и при решении задач, связанных с надежностью, работоспособностью рассматриваемых механических систем, когда физико-механические свойства материалов являются в определенных пределах рассеянными характеристиками [1,2]. При статических моделях надежности деталей машин основным показателем является вероятность неразрушения R , которая может меняться в широких пределах при одном и том же коэффициенте запаса прочности.

Рассмотрим элемент кругового поперечного сечения (см. рис.1), в котором возникают случайные внутренние силовые факторы: продольная растягивающая сила N , изгибающий M и крутящий T моменты. Принято допущение, что N , M , T подчиняются логарифмически нормальному закону, диаметр d — нормальному, а предел прочности материала детали имеет трехпараметрическое распределение Вейбулла с функцией

$$F(\sigma_0) = 1 - \exp \left\{ - \left[(\sigma_0 - \delta) / \theta - \delta \right]^\beta \right\} \quad (1)$$

где: δ — нижний предел прочности;

β — параметр формы;

θ — параметр масштаба.

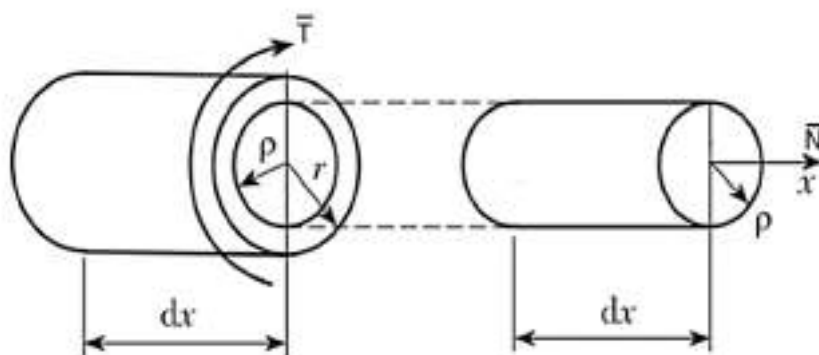


Рисунок 1 – Элемент кругового поперечного сечения вала редуктора

В соответствии [1, 3] для критической точки опасного сечения введем случайную величину y (резерв прочности).

$$\bar{y} = \bar{\sigma}_0 - \sqrt{\left[\left(4\bar{N} / \pi \bar{d}^2 \right) + \left(32\bar{M} / \pi \bar{d}^3 \right) \right]^2 + 3 \left(16\bar{T} / \pi \bar{d}^3 \right)^2} \quad (2)$$

В (2) эквивалентные напряжения в критической точке опасного сечения найдены по четвертой гипотезе прочности.

Величину R задаем несобственным интегралом

$$R = \text{Prob}(\bar{y} > 0) = \int_0^{\infty} p(y) dy \quad (3)$$

где: $p(y)$ – плотность вероятности резерва прочности.

Из (2) видно, что y – функция пяти случайных переменных, т. е. $y=f(\dots)$. Считаем заданными параметры распределения Вейбулла в (1), математические ожидания N, M, T, d и средние квадратические отклонения S_1, S_2, S_3, S_4 соответственно продольного усилия, изгибающего, крутящего моментов и диаметра. При этих условиях найти аналитически $p(y)$ по (2) и соответственно решение интеграла (3) невозможно.

Предлагаем найти R методом статистического моделирования [1,2], реализация которого возможна с применением компьютерных технологий, в частности пакета MicrosoftOfficeExcel.

Применив к (1) метод обратной функции распределения, получим формулу для моделирования статистически независимых значений:

$$\{\sigma_{0i}\}_n = \left\{ (-\ln r_i)^{1/\beta} \right\}_n (\theta - \delta) + \delta \quad (4)$$

где: n — объем смоделированной выборки.

Для моделирования случайных последовательностей возможных значений N, M, T, d в (2) применяем следующую процедуру. Сначала попарно вычисляем последовательность статистически независимых нормированных нормальных случайных чисел, используя соотношения

По заданным математическим ожиданиям и средним квадратическим отклонениям вычисляем параметры логнормального закона по соотношениям.

На основании выполняем моделирование N, M, T по логнормальному закону

Моделирование d по нормальному закону выполняем с помощью линейного преобразования.

Сгенерированные возможные значения случайных переменных по (4), подставляем в (2). Смоделирована случайная числовая последовательность резерва прочности $(y)_n$. Затем ее представляем в виде статистического ряда распределения, на основании которого вычисляем приближенно искомое значение R.

Проиллюстрируем методику на реальном примере расчета для произвольного вала редуктора, работающего при комбинированной нагрузке

По приведенному алгоритму и заданным исходным величинам получен статистический ряд распределения при общем числе реализаций $n=2000$ значений. В каждом интервале приведена частота попадания n_k . Сумма частот (n_k/n) для положительных значений y и представляет приближенное значение R равное 0,974, а сумма частот для отрицательных значений y есть вероятность отказа R, равная 0,026. Полученное значение R является оценкой интеграла (3).

С течением времени из-за необратимых изменений в детали накапливаются внутренние повреждения, вызванные многократным приложением нагрузок. Зная параметр статической надежности R, можно перейти к динамической модели надежности детали. Если число циклов перемен эквивалентных напряжений имеет пуассоновское распределение с математическим ожиданием a цикла/ч, то вероятность безотказной работы детали в момент времени t определяем с помощью уравнения:

$$R(t) = R + (1 - R) \exp(-at) \quad (5)$$

Результаты моделирования представлены на рис. 2.

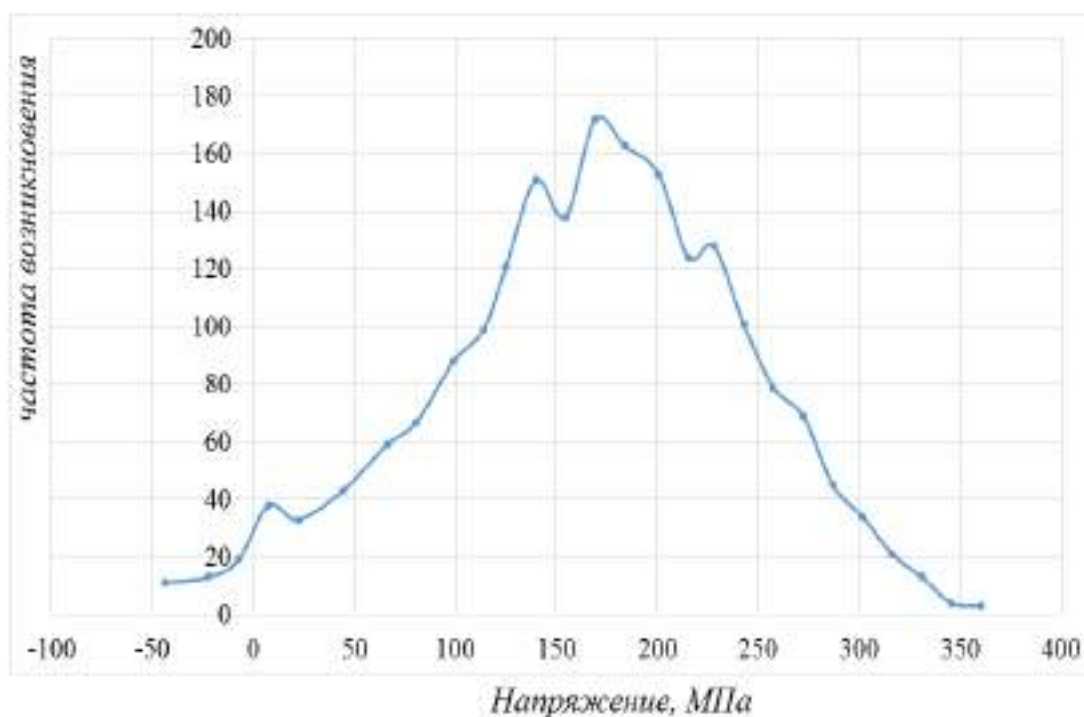


Рисунок 2 – Распределение напряжений при комбинированном нагружении вала редуктора

Рассмотренную методику использовали для выполнения вероятностных прочностных расчетов и получения характеристик надежности деталей машин лесного комплекса на стадии проектирования, когда отсутствует необходимый объем статистических данных.

Этот метод позволяет получить вероятность неразрушения деталей, что помогает конструировать с наименьшей металлоемкостью, а так же иметь возможность замены материала детали с сохранением или увеличением прочностных характеристик детали. Также рассмотренный метод получил широкое распространение при рассмотрении механических систем, находящихся в сложном напряженном состоянии при решении задач прогнозирования остаточного ресурса. В частности, в трубопроводном транспорте нефти и газа.

Библиографический список:

1. Кучерявый, В. И. Вероятностные методы в расчетах прочности конструкций: учебное пособие / В.И. Кучерявый - Ухта: УИИ, 1993. – 89 с.
2. Кучерявый В. И. Надежность конструкций машин при эксплуатационных режимах работы: Дис. ... докт. техн. наук / В.И. Кучерявый – Москва, 1998. – 369 с
3. Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела /Ю. Н. Работнов.– М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. –744 с.

УДК 539.345

Анализ влияния параметра дефекта на перераспределение неоднородности материала после испытаний на растяжение

Васильев Н.С., Медведев Д.Ю.

Научный руководитель — Савич В.Л., Малинин В.Г.

Ухтинский Государственный Технический Университет, г Ухта, Россия

В процессе эксплуатации различных металлоконструкций, используемых во всех отраслях машиностроения, нефтегазовой промышленности, происходит процесс накопления микрповреждений, которые с течением времени превращаются в макроконцентратор, который

может быть представлен в любом виде и в любой геометрической форме. В частности, можно наблюдать различные виды вмятин, сквозных и несквозных трещин.

В предлагаемой работе рассматривается несквозная трещина, которая была искусственно нанесена на стальное изделие (сталь 09Г2С) с определенным шагом, в дальнейшем после испытания изделия на статическое растяжение, изучается характер перераспределения показателя твердости по длине образца.

Ключевые слова: несквозная трещина, твердомер УЗИТ-2М, твердость, изделие, остаточные напряжения, неоднородность.

Методика измерения:

1. Выполняли эскиз разрушенного образца с указанием области разрушения.
2. Вдоль оси растяжения между лапками выполнялась градация, по которой с соответствующим шагом производилось измерение твердости.
3. По результатам измерений и математической обработки строились соответствующие графики, по которым оценивалось влияние дефекта на неоднородность материала.

На данном графике(Рис.1) показаны результаты измерений образца 6ПП. Наш ход выполнения заключался в следующем. Мы расположили обе части изделия рядом друг с другом, выполнили градацию от начальной до конечной лапки с шагом 10мм, затем с помощью твердомера в каждой точке нанесенной градации измерили твердость 3 раза, результаты были занесены в таблицу и был построен график.

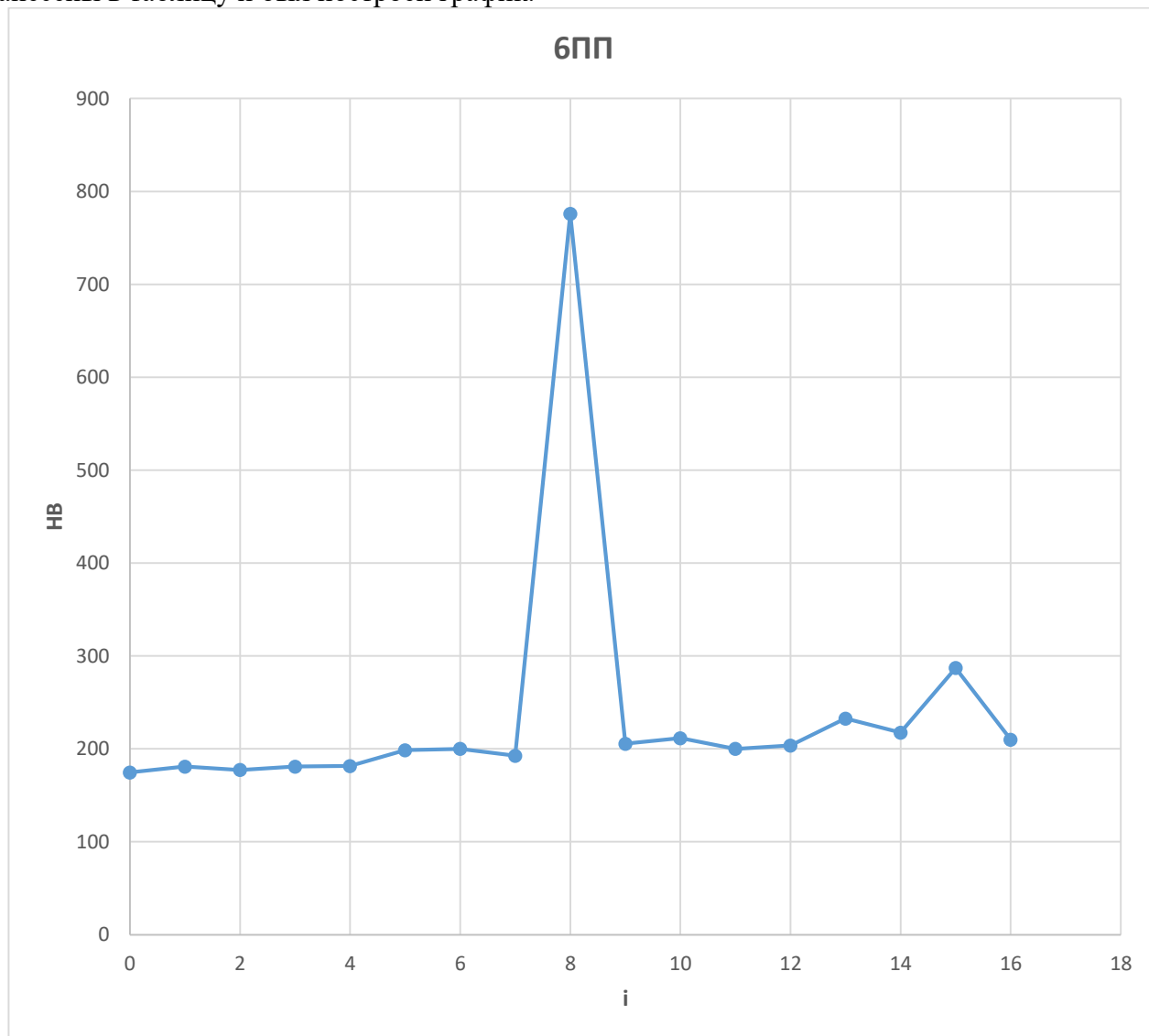


Рисунок 1 - График исследования структурных механических свойств материала. (6ПП)

Таблица 1- Результаты измерений при помощи твердомера.

i	HB			HB'
	1	2	3	
0	171	182	171	174,6
1	191	179	173	181
2	184	172	176	177,3
3	168	185	190	181
4	192	179	174	181,6
5	199	179	218	198,6
6	187	196	217	200
7	206	179	193	192,6
8	776			776
9	211	223	183	205,6
10	208	211	216	211,6
11	205	196	199	200
12	218	201	192	203,6
13	224	217	257	232,6
14	205	202	246	217,6
15	272	275	314	287
16	219	207	204	210

На следующем графике(Рис.2) представлены результаты измерения среднего значения твердости. Для этого мы взяли несколько образцов (8ПП,14ПП,16ПП) в том числе и наш(6ПП). Для начала провели такой же ход выполнения, как и на прошлом слайде, а затем составили График измерения среднего значения твердости образцов. Для этого мы разделили график на 3 части, вычислили среднее по 3 точкам. Поскольку количество точек отличается от нашего графика(Рис.1), от других макроконцентраторов по геометрии, то для сравнения графики были разбиты на 3 участка: 1)Додефектный 2)Дефектный 3)Постразрушенный. И для этих участков зафиксирована средняя твердость.

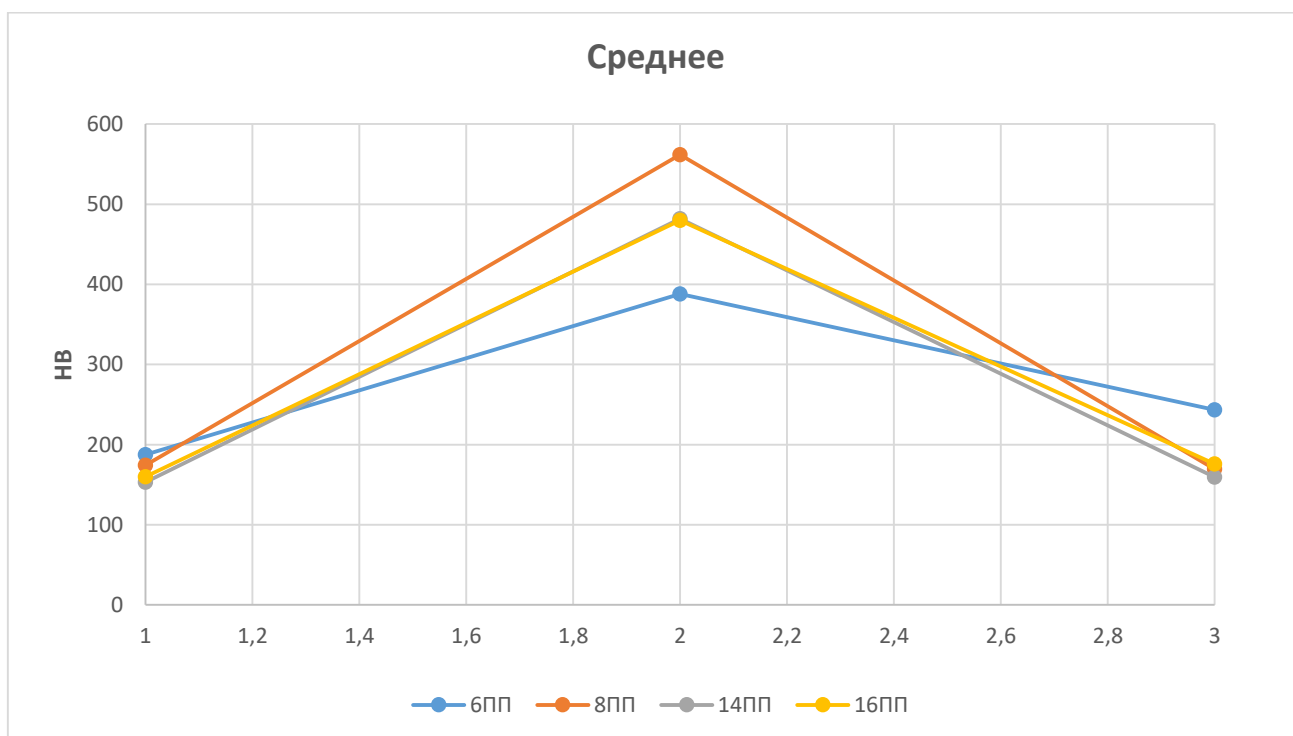


Рисунок 2 - График измерения среднего значения твердости образцов.

Таблица 2 – Результаты измерения среднего значения твердости.

	6ПП	8ПП	14ПП	16ПП
1	187,3	174,5	153	160
2	388	562	482	480
3	243,5	169,5	159,5	176

Таким образом, для поперечно-расположенного дефекта показатели твердости у лапок качественно не отличаются. Примерно такой же результат сохраняется и для других параметров по длине. В области разрушения твердость естественно стремится к максимуму. С увеличением длины поперечного дефекта результирующая линия твердости получает более пологий уклон к горизонту. С другой стороны, показатели твердости у лапок 8ПП, 14ПП, 16ПП качественно располагаются близко. 6ПП по всем параметрам кардинально отличается, ее вершина самая низкая, а твердость у лапок самая высокая. В последнем случае мы имеем доказательный вариант о неоднозначных процессах разрушения на структурном уровне, связанных с авто-волновыми процессами разрушения и релаксации материалов.

Библиографический список:

1. Малинин В. Г. К вопросу об энергетических критериях прочностной оценки образцов с концентраторами /В.Г. Малинин, В.Л. Савич, В.И. Гультияев, Д.А. Борейко - Современные вопросы устойчивости, пластичности и ползучести в механике деформируемого твердого тела. Сборник научных трудов, посвященный 90-летию заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Владимира Георгиевича Зубчанинова. Под общей редакцией В.И. Гультияева. Тверь, 2020. С. 148-161.
2. Сопротивление материалов /Под ред. Акад. АН УССР Писаренко Г. С.—5-е изд., перераб. И доп.—К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. — 775 с.

УДК [514. 115+744.00]

Применение основ начертательной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности

Вершинин А.С.

Научный руководитель – Думицкая Н.Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

«Приобретение любого познания всегда полезно для ума, ибо он сможет отвергнуть бесполезное и сохранить хорошее.

Ведь ни одну вещь нельзя ни любить, ни ненавидеть, если сначала ее не познать»

Леонардо да Винчи

В своей исследовательской работе на примере изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» я постараюсь раскрыть важность и необходимость данной дисциплины в будущей профессии и ключевым аспектом, на мой взгляд, является вопрос применения основ дисциплин «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», а также специфика построения чертежей.

Знание положений и правил, которые используют в инженерной графике, позволяют специалисту выполнять, читать чертежи и схемы так же, как знание азбуки и грамматики, позволяет человеку читать и писать тексты. Условиями успешного овладения техническими

знаниями, а именно: умение читать чертежи; знать правила их выполнения и оформления согласно ГОСТ.

На любом чертеже форму предмета (объекта, сооружения) передают, как правило, несколькими изображениями. Каждое изображение выполняется в проекционной связи с разной стороны согласно расположению плоскостей проекций. Рассматривая чертеж, мы представляем форму предмета в целом, мысленно соединяя его отдельные изображения (проекции). Следовательно, умение читать чертеж – способность будущего инженера - проектировщика соединять отдельные элементы объектов в единую пространственную форму.

Инженерная графика помогает формировать и развивать пространственное мышление; знакомит с широким кругом технических понятий. Это помогает овладевать специальными учебными знаниями по графическим дисциплинам, дает возможность расширить технический кругозор и позволяет осознанно читать любую техническую литературу, содержащую чертежи и схемы. Знание основ данной дисциплины в дальнейшем помогает в обучении других общеинженерных и специальных дисциплин. Несомненно, невозможно представить инженера, не знающего основ теории и практики построения изображений.

В современных условиях графические дисциплины не всегда имеют практической востребованности в силу развития вычислительной техники, но незаменима как составляющая общего инженерного образования на машиностроительных и строительных специальностях.

Всякий мастер, будь это плотник, слесарь, токарь, каменотёс и т. д., может выполнить заказанный объект согласно желанию заказчика. Это выполняется только в том случае, если будет представлен такой же предмет как образец (либо его модель, конструкторский чертёж), по которому легко и точно определялись бы размеры всех вычерченных изображений.

Начертательная геометрия и инженерная графика помогают изучать правила и особенности изготовления (вычерчивания) таких чертежей. На них предмет изображается каким мы его видим, и притом так, по вычерченным линиям можно в точности определить размеры и истинный вид изображаемого предмета.

В настоящее время компьютерная графика является наиболее наглядным и эффективным средством представления информации. Визуализация учебного материала с помощью графических пакетов оказывает огромную помощь в восприятии и понимании изучаемого материала, позволяет обучающимся представить и понять сложный теоретический материал по начертательной геометрии, повысить уровень графической подготовки студентов.

Наибольшую эффективность в обучении дает использование трехмерной компьютерной графики. Показ электронных слайдов с трехмерными моделями способствует повышению у обучающихся осознания отображения различных пространственных объектов на плоскости, развитию их пространственного мышления.

Кроме того, изучение начертательной геометрии способствует развитию у обучающихся пространственных представлений и пространственного воображения - качеств, характеризующих высокий уровень инженерного мышления и необходимых для решения прикладных задач.

В процессе изучения начертательной геометрии достигаются и другие цели, расширяется общенаучный кругозор обучающихся, развиваются навыки логического мышления, внимательность, самостоятельность, наблюдательность, аккуратность и другие качества, развитие которых является одной из задач обучения и воспитания в высшей технической школе.

Современные компьютерные технологии позволяют внедрить в электронное издание интерактивные трехмерные модели. Пространственную модель можно рассмотреть с любой стороны, вращая и переворачивая ее, для выявления внутренних очертаний и полного выявления формы можно осуществить любое сечение 3-D модели, задав положение секущей плоскости, все это даёт обучающимся конкретные представления о геометрических формах.

На сегодняшний день, обязательное и незаменимое положение начертательной геометрии и инженерной графики, в программе обучения будущих специалистов на первом курсе необходимо совершенствовать: навыки и знания, которые студенты получают при

изучении этих дисциплин; используют при выполнении курсовых проектов, практических заданий по другим дисциплинам, которые предлагаются федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (например: строительные материалы, теоретическая механика, геодезия, геология, инженерные системы зданий и сооружений, технологические процессы в строительстве, основы архитектуры и строительных конструкций и др.).

Владение международным графическим языком позволяет, старшекурсникам, дипломникам, выпускникам инженерно - технических и строительных специальностей грамотно читать и выполнять чертежи машиностроительных и строительных конструкций.

Использование инженерной графики - неотъемлемый этап проектирования трубопровода и газопроводов, оборудования и строительства различных объектов. Сегодня - это новые методы изображения пространства и его отдельных элементов. Они все больше изучаются с точки зрения геометрического и математического моделирования. Ведется поиск новых путей изображения на плоскости реально воспринимаемого пространства с минимальными искажениями на основе геометрических пространственных построений, в том числе с помощью компьютерных технологий.

Графический язык универсален, нагляден, точен и лаконичен. Любая визуализация информации в области человеческих знаний осуществляется средствами графического языка, алфавитом которого является ряд простейших геометрических фигур – точек, прямых и кривых линий.

Таким образом, качественное инженерное образование невозможно без высокого уровня графической подготовки студентов. «Инженер, не умеющий чертить, подобен писателю, не умеющему писать» – отмечал А. Н. Туполев.

Рассмотрим на примере научное мнение специалиста. Собирая и исследуя материал по выбранной теме, мне удалось побеседовать с инженером - конструктором, работающем в проектно центре «Северсталь - проект». Основная задача данного предприятия - это проектирование оборудования, сооружений на объектах ПАО «Северсталь» и разработка рабочей документации. Специалисты используют известные программные комплексы SolidEdge, AutoCAD, SmartPlant 3D, Tekla Structures.

Анастасия рассказала, что все рабочие программы основаны на использовании знаний основ начертательной геометрии и инженерной графики. И эти знания ей очень помогают в профессиональной деятельности после обучения в институте. Сейчас, приходится работать как с большими так и очень маленькими объектами.

На данный момент идёт разработка и строительство крупного инвестиционного мероприятия «Сортопрокатного стана 170».

Штат сотрудников из разных отделов (прокатного, металлургического, строительного, энергетического, электротехнического, сметного и других) трудятся в современном программном обеспечении с привлечением новых информационно - технологических разработок. 3D - модель цеха проектируется ежедневно, а запуск - планируется в 2023 году.

Анализируя значимость начертательной геометрии и инженерной графики, мы выявили, что эти дисциплины способствуют приобретению профессионального опыта и помогают студентам в формировании предметной графической компетентности.

Из выше сказанного, можно сделать вывод: получая необходимые знания правил и методов проецирования, применяя на практике положения ГОСТов; составляя алгоритмы решения метрических и позиционных задач, мы развиваем свои мыслительные и творческие способности. Учимся их применять в своей будущей работе при проектировании нефтегазовых месторождений (например: сооружений; деталей; частей объектов и оборудований и т. д.).

Изучая литературу по теме исследования, мы определили, что современное положение начертательной геометрии в системе подготовки специалистов имеет прикладной характер.

Будущее начертательной геометрии мы видим:

- в совершенствовании методов изображения пространственных тел на плоскости;
- в создании новых форм развития геометрического моделирования;

- в развитии у человека инженерной эрудиции и творческой фантазии. На наш взгляд, в современном обучении, необходимо унифицировать все методы изображений как частные случаи общего метода проекций двух изображений (две плоскости проекций);

- усилить позиции проектируемого пространства, которое вносит особую законченность и завершенность отображения форм на плоскости благодаря бесконечно удаленным (несобственным) элементам.

Различные способы замыкания пространства на бесконечности, изучаемые в геометрии, имеют практическое применение в различных областях – это проектирование объектов архитектуры и строительства, моделирование движения космических объектов и т.д.

Открывая пути к использованию более совершенных и эффективных конструкторских приемов, начертательная геометрия и инженерная графика дают возможность развивать профессиональные компетентности будущих инженеров, представляя своеобразный фундамент в формировании знаний и навыков будущих специалистов.

Библиографический список:

1. Соломонов К. Н., Чиченёва О. Н., Бусыгина Е. Б. Основы технического черчения. – М.: МИСиС, 2004.
2. Чекмарев А. А. Инженерная графика. М.: Высшая школа, 1998.
3. Сборник «Национальные стандарты». ЕСКД. ГОСТ 2.301-68 ÷2.321-84.-М.: ИПК Издательство Стандартов, 2004.
4. Макарова М. Н. Начертательная геометрия: учебное пособие для студентов. – М.: Академический Проект, – 2008. – 395 с. – (Gaudeamus).

СЕКЦИЯ 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СООРУЖЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И НЕФТЕБАЗ

УДК 531.256

Исследование напряженно-деформированного состояния трубопровода с бетонным покрытием в мерзлом грунте

Бельский С.Г., Голик В.В., Земенкова М.Ю.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация: Целью работы является изучение поведения и исследование напряженно-деформированного состояния трубопровода в мерзлом грунте с учетом обетонированной оболочки. В ходе работы проводился двухуровневый расчет. На первом уровне моделировалось тепловое взаимодействие системы грунт трубопровод в плоской постановке задачи для определения ореолов растепления и глубины промерзания грунта. На втором уровне расчета производился статический анализ фрагмента трубопровода с учётом морозное пучения грунта. Результаты исследований показали, что бетонное покрытие качественно уменьшаются переменные напряжения по длине трубопровода.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, пучение грунта, мерзлый грунт, деформация, напряжение

Проблема обеспечение эксплуатационной и экологической безопасности подземных магистральных нефтепроводов, проложенных в сложных геокриологических условиях, является первоочередной задачей трубопроводного транспорта. Магистральные трубопроводы, являясь линейно-протяженным сооружением, на всем своем протяжении пересекают районы с активными грунтовыми изменен, естественные и искусственные препятствия. В результате совокупного взаимодействия трубопровода и грунта, нефтепровод деформируется. Наибольшую опасность представляет морозное пучение, поведение которого трудно предсказать.

Вследствие пучения на мерзлых грунтах могут образоваться мерзлотные формы рельефа округлой формы, образующиеся при промерзании сильно увлажненных толщ горных пород и увеличении их объема вследствие локального накопления льда, называемые буграми пучения. [2]

Морозное пучение вызывает вертикальные перемещения конструкции, что ведет к возникновению изгибных напряжений и может произойти разрыв.

Компьютерное моделирование наилучшим способом учета пучения при расчете напряженно-деформированного состояния. Для обеспечения высокой точности расчетов теплового взаимодействия трубопровода и многолетнемерзлых грунтов (ММГ) нужно учитывать [3]:

- реальную геометрию объектов;
- неоднородное строение грунта с повторно-жильными льдами;
- изменение теплофизических свойств грунтов в результате фазовых превращений;
- скорость оттаивания и промерзания;
- изменение метеорологических условий во времени;
- наличие теплоизоляционных материалов;
- температуру и скорость перекачиваемой по трубе нефти;
- конструктивные особенности траншеи, в которой размещен трубопровод.

Целью данной работы является исследование вертикальных деформаций трубопровода вследствие морозного пучения с учетом оболочки, а также исследование его напряженно-деформированного состояния.

С целью обеспечения не только теплоизоляционных свойств, но и проектного положение, применение защитных композитных и утяжеляющих бетонных покрытий (ЗУБ-ТЕРМО) является наиболее применимым вариантом для подземных трубопроводов (рис.1).

Для оценки влияния пучения проводился двухуровневый расчет состояния трубопровода с бетонной оболочкой и без нее, на первом уровне исследовалось тепловое взаимодействие

системы грунт-трубопровод для определения глубин промерзания грунта. На втором уровне проводился расчет напряженно-деформированного состояния трубопровода с учетом сил пучения.

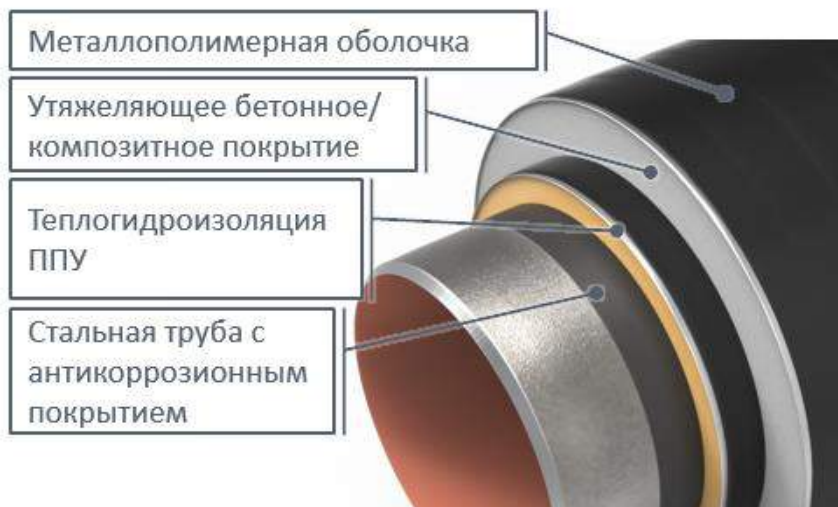


Рисунок 1 – ЗУБ-ТЕРМО

В моделировании теплового взаимодействия системы грунт-трубопровод решалась задача Стефана, описывающую поведение оттаивания влажных грунтов.

В качестве граничных условий задавался конвективный теплообмен на поверхности, имитирующий воздействие погоды в условиях крайнего севера, на границах расчетной модели задавался тепловой поток равный нулю, отражающего сплошность рассматриваемой модели, температура грунта на нижней поверхности и температура трубопровода задаются константами и неизменны по времени (рис.2).

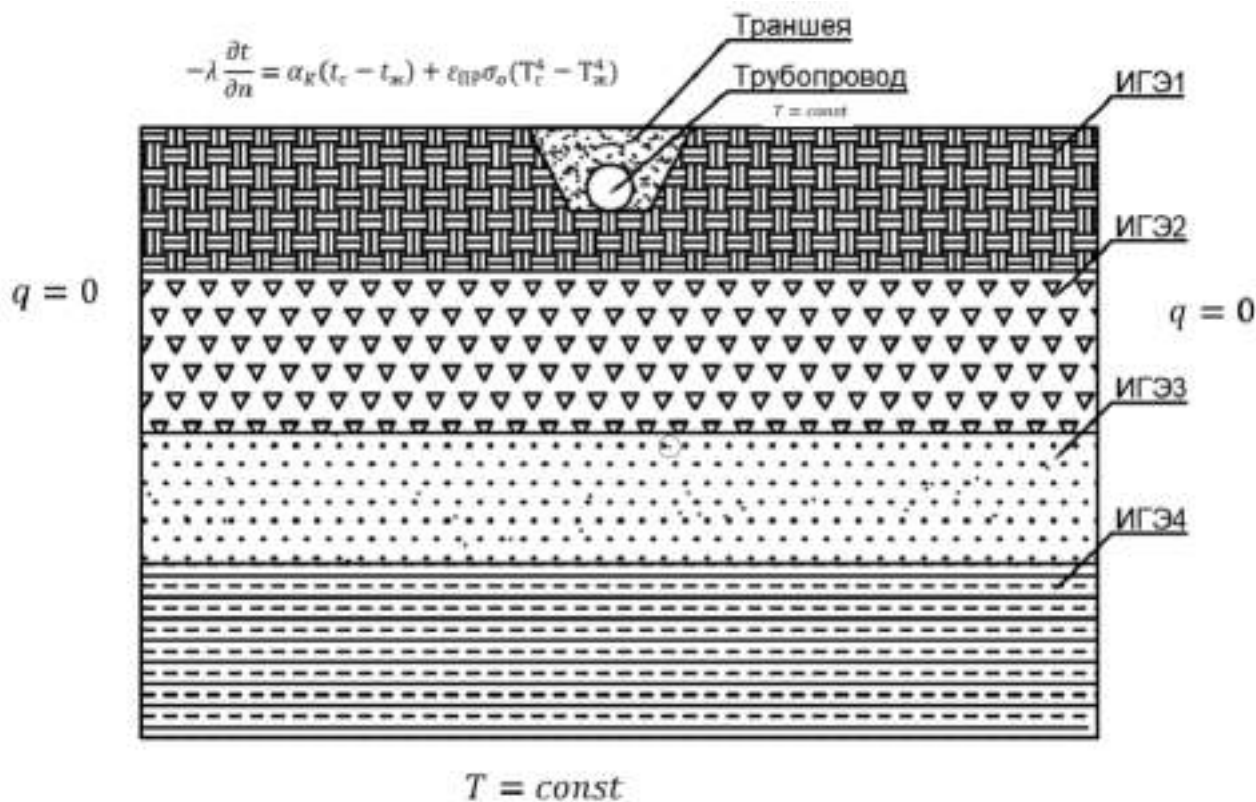


Рисунок 2 – Расчетная схема теплового взаимодействия системы грунт-трубопровод

Для каждого инженерно-геологического элемента задавались условия фазового перехода в виде функции изменения теплоемкости и коэффициента теплопроводности на границе фазового перехода (рис.3).

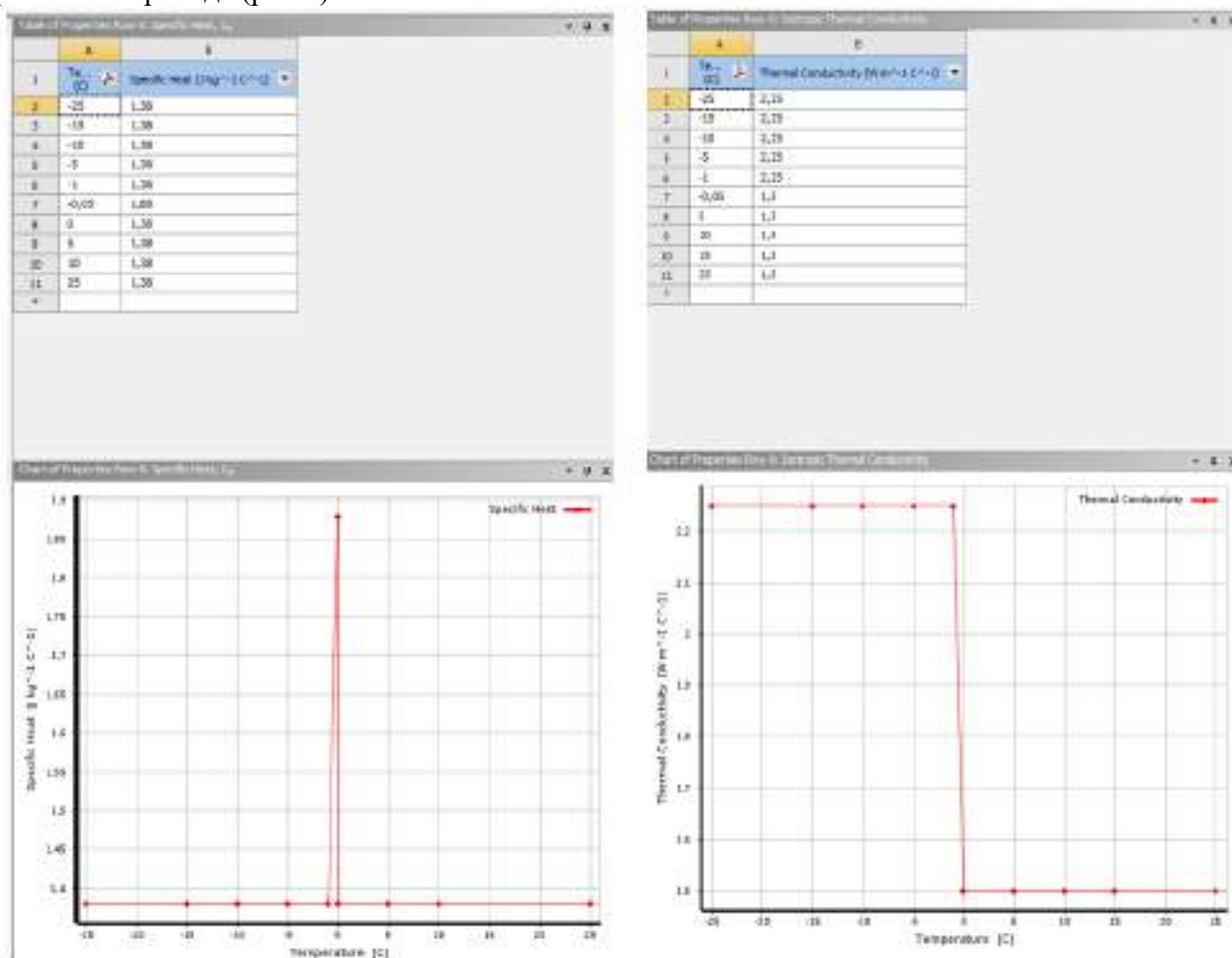


Рисунок 3 – Теплоемкость и коэффициент теплопроводности с учетом фазового перехода

Из анализа следует, что граница фазового перехода, ниже которой происходит пучение для трубы без оболочки, находится на уровне 2,8 метра от уровня земли. Результат расчета с покрытием выявил отсутствие процессов фазового перехода, грунт термически стабилен, однако это не исключает морозного пучения под трубой. Таким образом в этой зоне возможно образование леденистой породы, которая может привести к смещению проектного положения трубопровода, с этой целью предполагалось, что реакция пучения протекает прямо под осью трубопровода, т.е. на глубине 2,4 метра с учетом оболочки из бетона и теплоизолятора (рис.4).

Оценка напряженно-деформированного состояния трубопровода заключалась в определении величины вертикальной деформации трубопровода под воздействием сил пучения.

Трубопровод рассматривался как балка, жестко защемленная с двух концов, на которую воздействуют две нагрузки q_1 – сила, действующая на трубопровод сверху, складываемая из веса грунта ($p_{гр}$), собственного веса трубы с продуктом ($p_{тр}$) и нагрузка q_2 – сила морозного пучения (рис. 5).

Нагрузки на трубопровод. Сверху оказывает влияние сила, складываемая из веса грунта, собственного веса трубы с продуктом и силы реакции грунта сверху при движении трубы вверх.

На трубопровод сверху действует нагрузка q_1 :

$$q_1 = p_{тр} + p_{гр} \quad (1)$$

Где $p_{тр}$, $p_{гр}$ – вес трубопровода с продуктом и вес грунта.

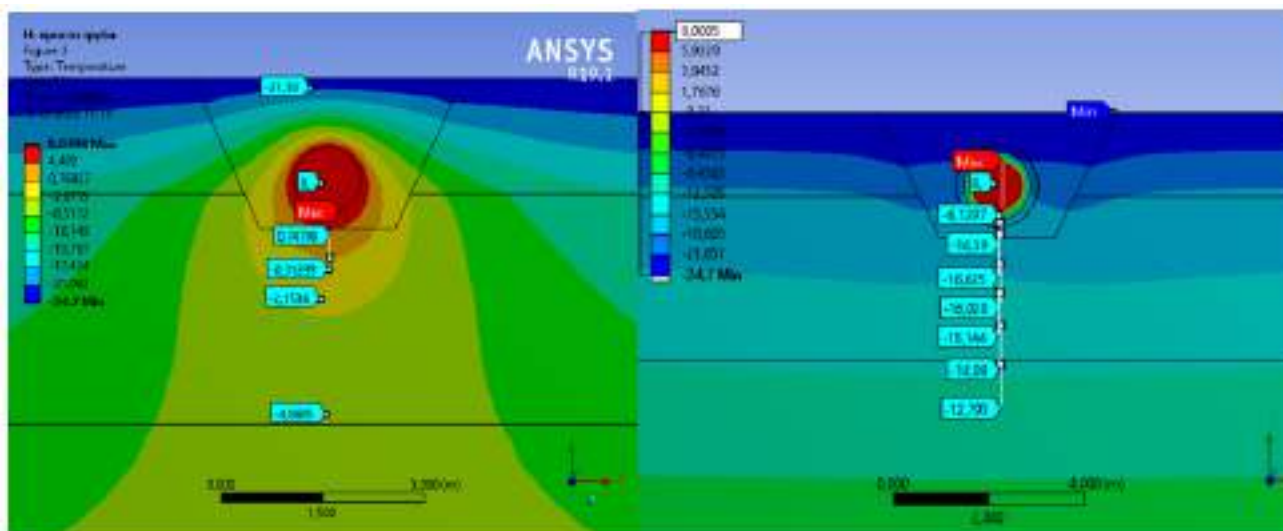


Рисунок 4 – Результаты теплового взаимодействия для простого трубопровода и трубопровода ЗУБ-ТЕРМО

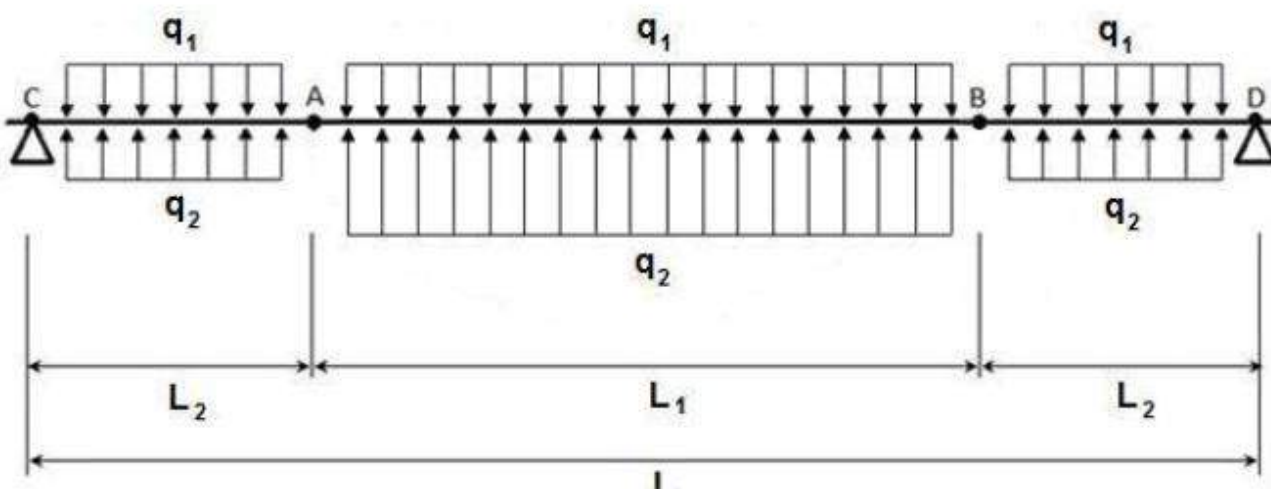


Рисунок 5 – Схема трубопровода в зоне пучения грунта

Максимальную величину нормальных сил морозного пучения можно оценить исходя из величин давления, которые развивают кристаллы льда при стесненном замерзании воды. Максимальное давление будет развиваться лишь в условиях полной невозможности расширения воды при ее замерзании [1].

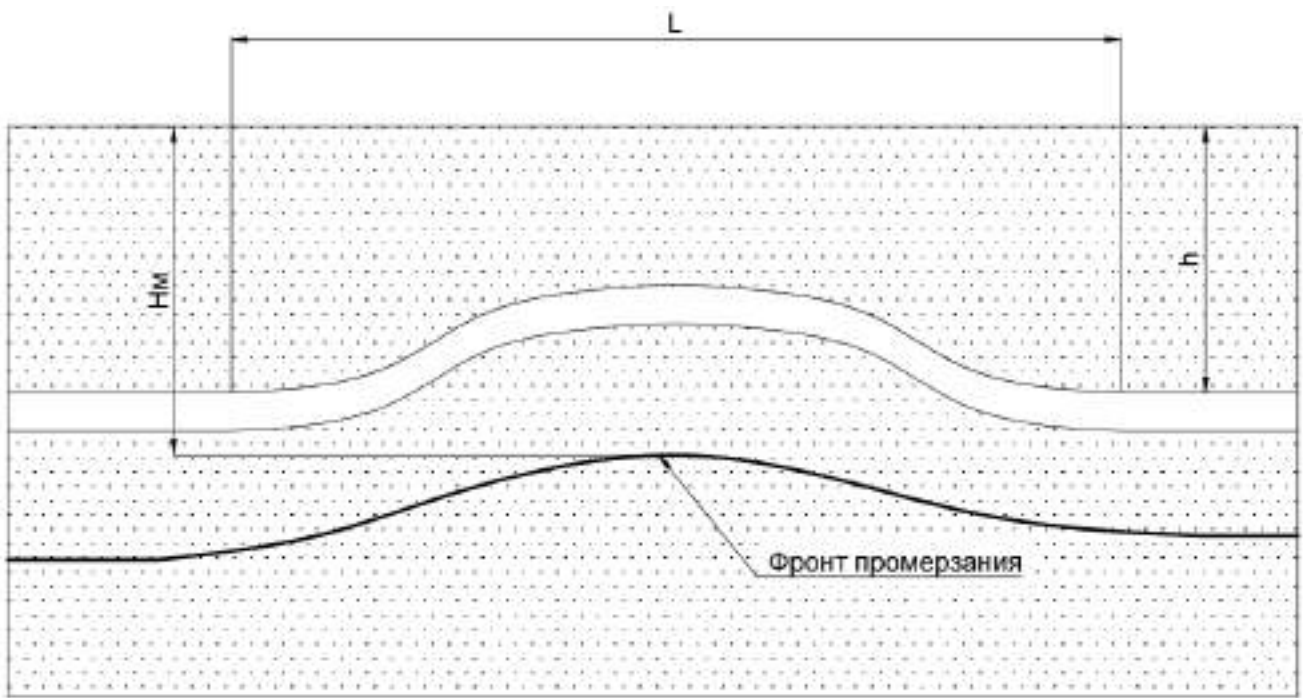
Величина максимального давления нормальных сил морозного пучения определяется следующей зависимостью:

$$P_{\text{н}}^{\text{max}} = \gamma H_{\text{М}} \text{tg}^2(45^\circ + 0,5\varphi_{\text{гр}}) + 2c_{\text{гр}} \text{tg}(45^\circ + 0,5\varphi_{\text{гр}}) \quad (2)$$

Где, γ , $\varphi_{\text{гр}}$, $c_{\text{гр}}$ – удельный вес, угол внутреннего трения и сцепление талого грунта, $H_{\text{М}}$ – глубина промерзания грунта [2].

Из полученного расчета теплового взаимодействия бралась величина глубины промерзания грунта и с учетом этой величины определялось давление нормальных сил морозного пучения (рис.6).

На рисунках 7 и 8 показан результат расчета действия нормальных сил пучения на участок трубопровода без покрытия и с утяжеляющим бетонным покрытием по технологии ЗУБ-ТЕРМО, полученный с помощью программы ANSYS, на рисунках 9 и 10 показаны расчетные положения трубопроводов.



Условные обозначения: L – граница пучения; h – глубина залегания трубопровода; H_M – глубина промерзания.

Рисунок 6 – Схема положения трубопровода в хонге пучения.

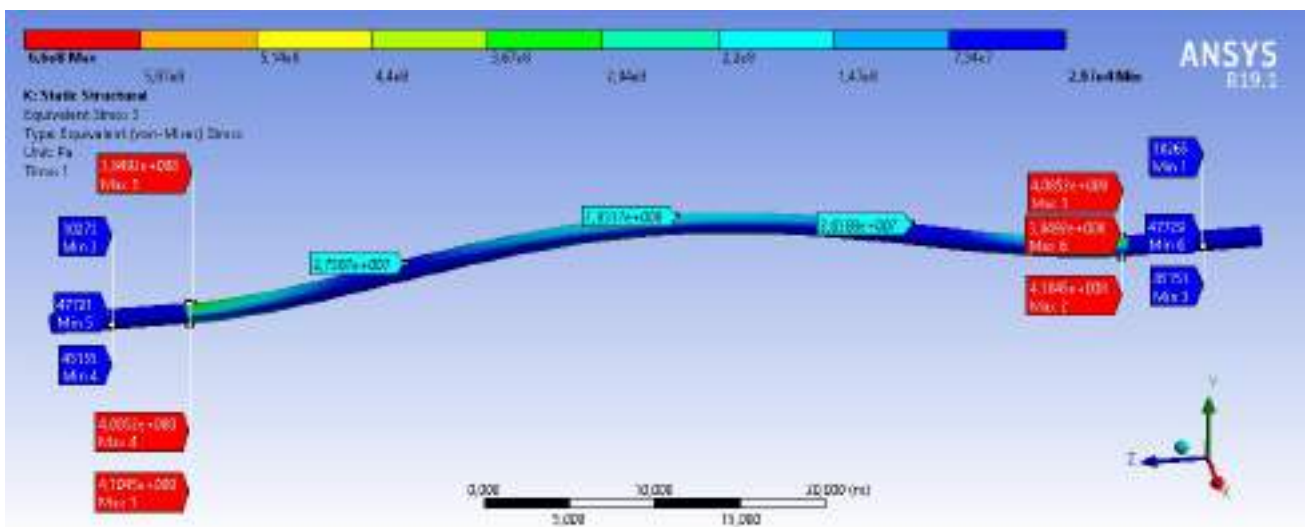


Рисунок 7 – Распределение эквивалентных напряжений по длине трубопровода без оболочки

Из анализа рисунков 7 и 8 можно сделать вывод, что максимальная величина напряжений приходится на зоны изгиба по краям и прогиба в середине. Именно в эти области в следствие воздействия сезонного пучения могут привести к аварии. Бетонная оболочка добавляет жесткости конструкции, вследствие значения величины силы морозного пучения не несет опасности для трубопровода.

Результаты сопряженного анализа свидетельствуют об высокой эффективности бетонной оболочки по технологии ЗУБ-ТЕРМО. Расчет теплового взаимодействия показал полное отсутствие теплового взаимодействия с грунтом трубопровода, расчет такого трубопровода НДС отражает низкие значения возникающих напряжений в расчетной области. Таким образом наличие бетонного покрытия существенно влияет на напряженно-деформированное состояние трубопровода, препятствуя изменению положения трубопровода. Тем не менее сезонные нагрузки на бетонную оболочку могут привести к его разрушению и потери не только

целостности, но нарушению нормальной работы теплоизоляционного материала, что может вызвать усиленное воздействие сил морозного пучения и как следствие изменения проектного положения трубопровода.

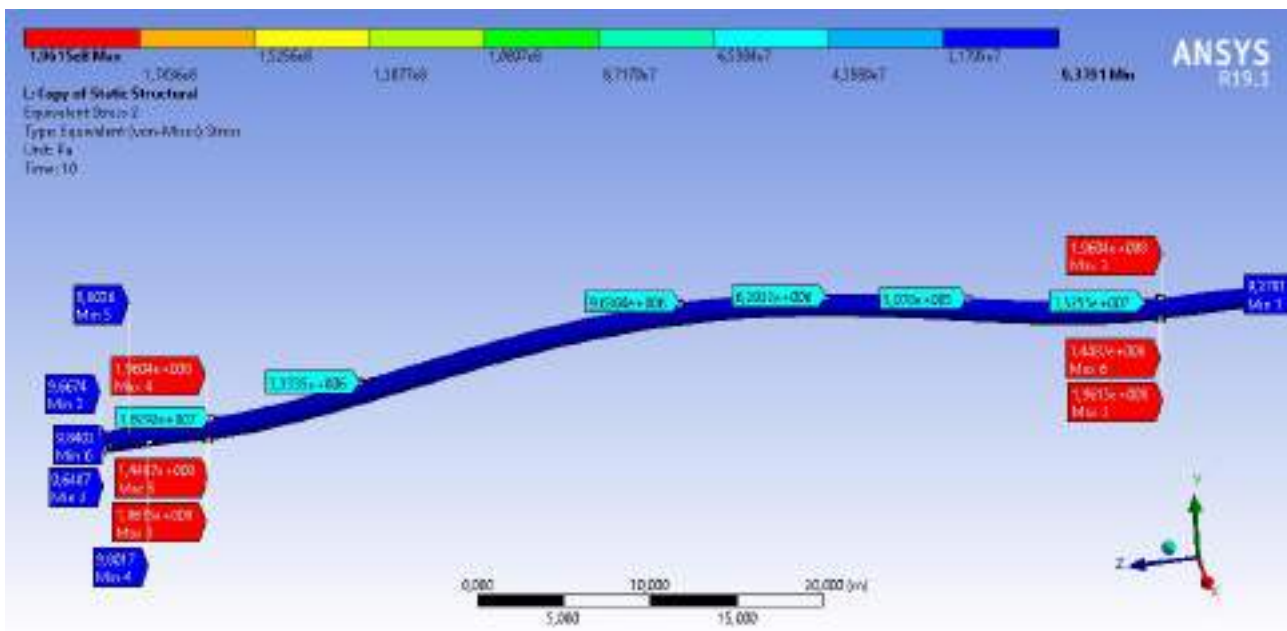


Рисунок 8 – Распределение эквивалентных напряжений по длине трубопровода с оболочкой ЗУБ-ТЕРМО

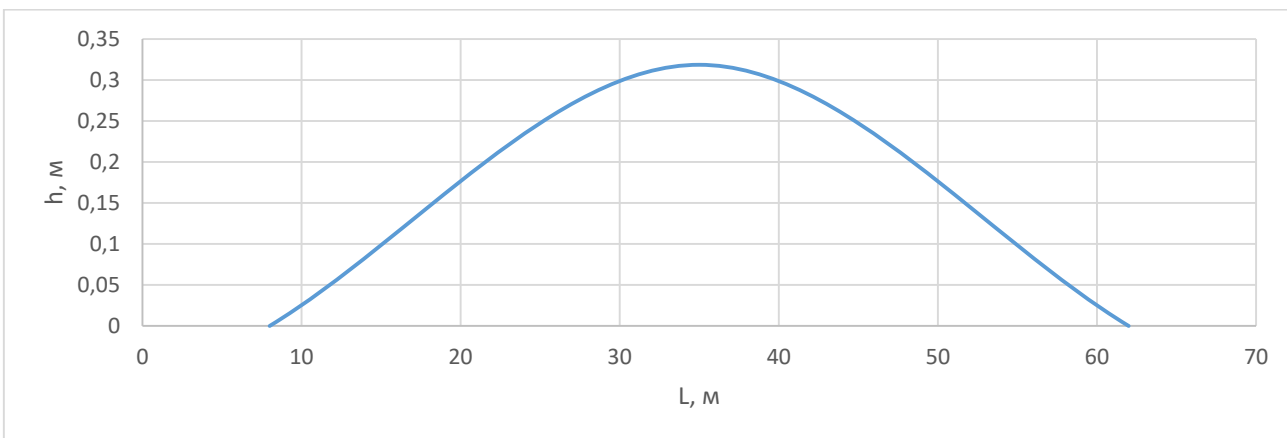


Рисунок 9 – Распределение деформаций (h) по длине (L) участка для простого трубопровода

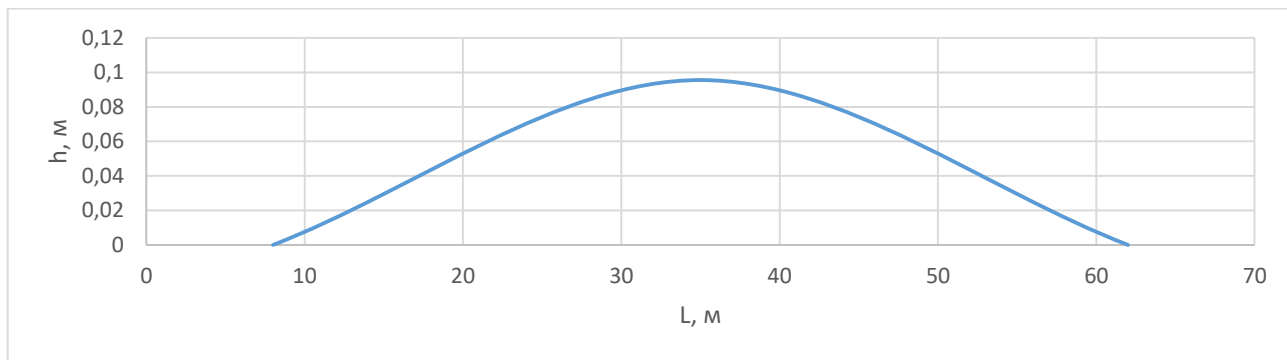


Рисунок 10 – Распределение деформаций (h) по длине (L) участка для трубопровода с оболочкой ЗУБ-ТЕРМО

Библиографический список:

1. Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводов в мерзлом грунте на сильно обводненных участках трассы / Бурков П.В., Буркова С.П., Кузнецов А.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. № 2. С. 166–171. Текст: непосредственный.
2. Воздействие морозного пучения на линейную часть магистральных трубопроводов / Гулин Д.А., Файзуллина Э.В., Шарипова Э.И. // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2020. № 4. С. 42–48. Текст: непосредственный.
3. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов в зонах вечной мерзлоты / Таранов Р.А., Марченко А.В. // Вестник науки и образования. 2019. № 12–1 (66). С. 29–31. Текст: непосредственный.

УДК 624.131

Разработка комплексной системы оценки геотехнического состояния газотранспортной системы в зоне многолетнемерзлых грунтов / (Development of an integrated system for assessing the geotechnical state of the gas transmission system in the permafrost zone)

Белый Р.Е.

ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта, Россия

На сегодня две трети территории Российской Федерации расположены в криолитозоне, в основном в Сибири и на Дальнем Востоке. Освоение и эксплуатация месторождений в этих районах является важным и экономически выгодным направлением развития газовой промышленности РФ.

Транспортировка газа в зоне ответственности ООО «Газпром трансгаз Ухта» с полуострова Ямал в единую систему газоснабжения России осуществляется по северному магистральному газопроводу «Бованенково Ухта». Трасса данного газопровода проходит по арктической тундре, Байдарацкой губе – заливу Карского моря, тундре, лесотундре и северной тайге. Эти природные территории расположены в криолитозоне. Общая протяженность 2503,68 км в двухниточном исполнении. При этом распространение многолетнемерзлых грунтов (далее – ММГ) в сплошном, островном и редко островном виде подтверждены изысканиями от 0 до 710 км.

Для своевременного выявления опасных геологических процессов в нашем Обществе проводится геотехнический мониторинг (далее – ГТМ). ГТМ подразумевает инженерно-геодезические измерения, а также их обобщение, систематизацию, анализ и принятие их компенсационных решений.

Специалисты службы ГТМ проводят наблюдения за состоянием грунтов оснований фундаментов сооружений. Наблюдения выполняются как собственными силами (специалистами службы ГТМ и работниками филиалов), так и подрядным способом. В виду большого количества объектов и сооружений, в части измерений, преобладает подрядный способ.

На сегодня количество элементов (деформационные марки, грунтовые репера, термометрические скважины, гидрологические скважины и т.д.) сети более 64000 единиц.

Нормативные требования к ведению ГТМ представлены в следующей документации (как федерального, регионального и внутреннего значения):

- 1) № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
- 2) СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»
- 3) СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»
- 4) СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов»
- 5) ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»

Требования ПАО «Газпром»:

1) СТО Газпром 2-2.1-435-2010 «Проектирование оснований, фундаментов, инженерной защиты и мониторинга объектов ОАО «Газпром» в условиях крайнего севера»

2) СТО Газпром 2-3.1-071-2006 «Регламент организации работ по геотехническому мониторингу объектов газового комплекса в криолитозоне»

3) СТО Газпром 2-3.1-072-2006 «Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне»

4) РМ 50-004-2016 «Регламент взаимодействия филиалов и подразделений ООО «Газпром трансгаз Ухта» при организации и выполнении работ по геотехническому мониторингу объектов СМГ «Бованенково-Ухта»

Всего в ООО «Газпром трансгаз Ухта» сетью ГТМ оборудовано 1491 сооружение. Из них: 1159 находятся в составе площадных объектов, а 332 на линейной части.

На данный момент на 87 сооружениях обнаружены опасные геологические процессы. Из них 42 сооружения на линейной части и 45 сооружений в составе площадных объектов.

Ежегодно выявляются участки газопровода, связанные с изменением грунтовых и гидрогеологических условий.

Эти участки обусловлены развитием следующих неблагоприятных экзогенных инженерно-геологических процессов:

- термокарстовые процессы;
- криогенное оползание грунтов на участках распространения залежей подземных льдов;
- просадки грунтов вдоль валика газопровода, просадки самого валика с обводнением, связанные с протаиванием сильнольдистых ММГ в результате изменения поверхностных условий, а также за счет недостаточной обратной засыпки траншеи по объему и плотности после протаивания и уплотнения;
- эрозионные процессы: на склоновых участках прокладки МГ наблюдаются эрозионные размыты вдоль оси валика с образованием промоин и оврагов;
- процессы подтопления с последующим заболачиванием. Данные процессы развиваются в результате перекрытия путей поверхностного стока валиком газопровода;
- комплекс процессов, связанный с транспортировкой теплого газа.



Рисунок 1 - Ключевые задачи ГТМ, требующие компенсационных решений на стадии эксплуатации

Ключевыми задачами, требующими компенсационных решений на стадии эксплуатации являются:

- ошибки и просчёты в принятых проектных решениях, связанные прежде всего с недостатками в результатах изысканий на площадках строительства СМГ «Бованенково-Ухта»;

- нарушение технологии строительства, в том числе последовательности этапов погружения свайного фундамента, промораживания грунтов оснований, обратная засыпка мерзлых грунтов вместо малопучинистого песка, (например, нарушения подготовки грунтов оснований на производственно-энергетическом блоке позволили стабилизировать состояние грунтов только через 3 года работы термостабилизаторов ВЕТ и ГЕТ);

- отсутствие накопленных результатов инструментальных измерений и специализированного ПО для оценки несущей способности мерзлых грунтов;

- необходимость расчётных математических алгоритмов для теплотехнических прогнозов развития нарушений;

- потребность в специализированном ПО для расчётов и моделирования скорости развития опасных геологических процессов;

- учёт тенденций поведения грунтов оснований при глобальном потеплении.

- актуализация нормативной базы;

- применение предлагаемых вариантов компенсационных решений на стадии эксплуатации сооружений бывает осложнено непрерывностью технологических процессов, ограниченной доступностью к фундаментам, недостатком финансирования и т.д.

Методы (Methods)

Первостепенной задачей при создании автоматизированной системы является создание единой базы данных всех зданий и сооружений оборудованных сетью ГТМ.

В данной базе представлены:

- данные о количественном составе сети ГТМ;

- данные о результатах контроля по годам;

- оценка эксплуатационной надёжности грунтов оснований, а также грунтов, вмещающих газопроводы, по температурному режиму грунтов;

- оценка эксплуатационной надёжности зданий и сооружений, включая участки газопровода по деформациям.



Рисунок 2 - Виды работ по ГТМ

Дополнительными модулями данной системы являются:

- аналитический блок анализа данных по термометрии;

- аналитический блок анализа данных по геодезии;

- учет выполненных работ подрядными организациями;

- учет выполненных работ собственными силами.

Данные модули уже активно используются службой ГТМ Воркутинского и Печерского линейно-производственного управления ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Благодаря данной системе есть информация для последующего анализа и прогнозирования устойчивости фундаментов зданий и сооружений, находящихся в зоне распространения опасных геологических процессов.

На полуострове Ямал было зафиксировано несколько участков развития термокарстовых процессов – криогенного оползня грунтов в непосредственной близости от МГ, при этом с 2018 по 2021 год фиксируется развитие данного процесса.



Рисунок 3 - Тенденция развития термокарста на полуострове Ямал

Кроме того опасные геологические процессы проявляются в том числе на площадных объектах. Следствием этого послужили деформации фундаментов с неравномерной осадкой грунтов оснований, осадки конструкций перекрытий, трещины в узлах креплений стеновых панелей, осадочные трещины в бетонном полу и т.д.

На линейной части магистрального газопровода также присутствуют последствия проявления опасных геологических процессов. А именно, страдают обвязки крановых узлов (далее – КУ), которые имеют видимые отклонения от проектного положения. Наблюдаются просадочные явления.

Результаты и обсуждения (Results and discussion)

Анализ результатов термометрических наблюдений КУ «А» свидетельствует о том, что за период 2019 г. – 2020 г. произошло значительное изменение температурного режима грунтов оснований.

При анализе температур грунтов не учитывается сезонно-талый слой (далее – СТС) до 3 м. Температура грунтов в расчётном интервале (3,0 – 10,0 м) повысилась на величину от 0,35 градусов более чем на 1,0 градус, что приводит к увеличению глубины оттаивания грунтов оснований фундаментов сооружения.

Необходимо обратить внимание, что в соответствии с проектной документацией температура грунтов на весь период эксплуатации не должна превышать минус 1,0 градус, а аварийное состояние грунтов в соответствии с НД фиксируется от минус 0,2 градусов и выше, что показано на графике пунктирной линией.

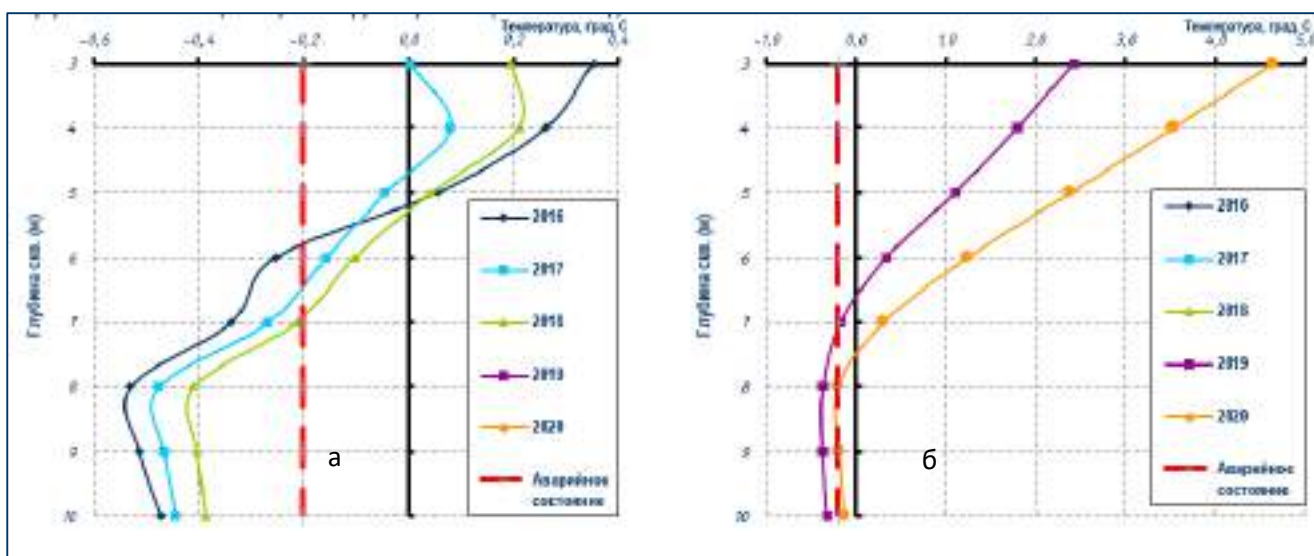
На фотоматериалах КУ «А» видно, что обвязка кранового узла имеет видимые отклонения от проектного положения, что указывает на наличие просадочных явлений.

Анализ результатов термометрических наблюдений грунтов основания КУ «Б» 2019 г. – 2020 г. показал, что произошло сопоставимое значительное изменение температурного режима.



1 – деформации фундаментов и колонн каркаса, вызванные неравномерной осадкой грунтов основания; 2 – осадка конструкций перекрытия 1-го этажа; 3 – трещины в узлах крепления стеновых керамзитобетонных панелей, вызванные неравномерной осадкой колонн здания; 4 – осадочные трещины в бетонном полу из-за просадки грунтового основания
 а – стена здания; б – перекрытие 1-го этажа; в – опора эстакады;
 г – узел крепления панели к колонне

Рисунок 4 - Проявление опасных геологических процессов на площадном объекте:

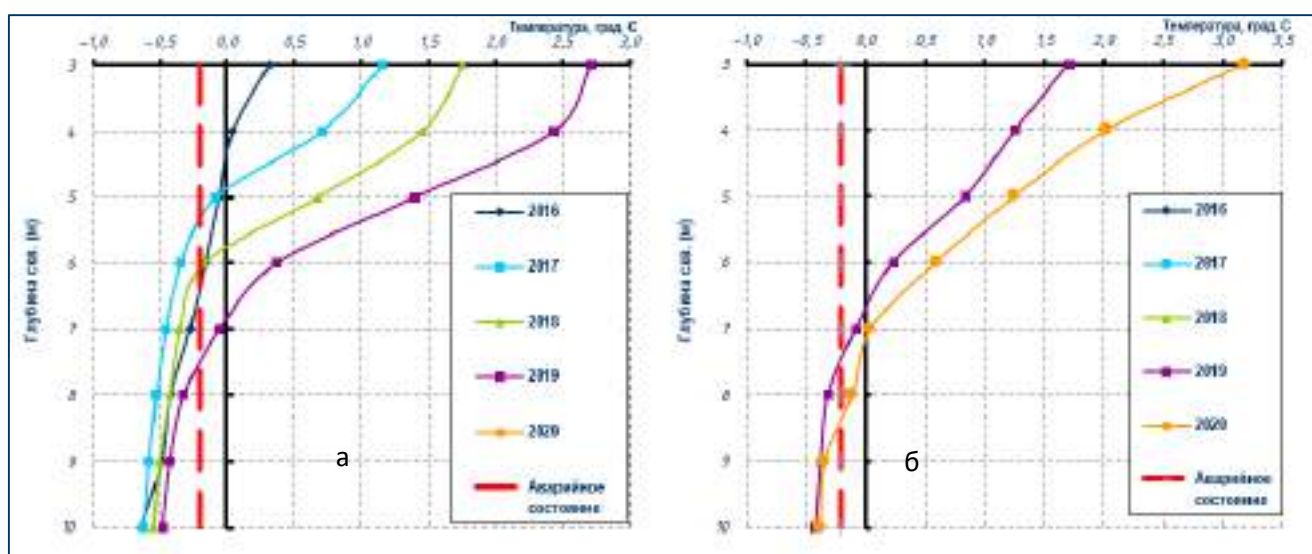


а – результаты термометрических наблюдений в весенний период;
 б – результаты термометрических наблюдений в осенний период

Рисунок 5 - Температура массива грунта КУ «А»:



Рисунок 6 - Фотоматериалы КУ «А»



а – результаты термометрических наблюдений в весенний период;
 б – результаты термометрических наблюдений в осенний период

Рисунок 7 - Температура массива грунта КУ «Б»:

Температура грунтов КУ «Б» в расчётном интервале повысилась на величину от 0,7 градусов и более чем на 1,0 градус, что привело к увеличению глубины оттаивания грунтов основания фундамента сооружения.

На фотоматериалах КУ «Б» видно, что обвязка кранового узла имеет видимые отклонения от проектного положения, что указывает на наличие просадочных явлений.

К перспективам развития ведения ГТМ в нашем Обществе, в условиях отсутствия персонала, стоит отнести внедрение комплексных систем мониторинга (КСМ) технического состояния опасных производственных объектов.

Комплексная система мониторинга может обеспечить контроль изменения пространственного положения трубопроводов, оборудования, несущих конструкций зданий и сооружений в условиях действия значительных эксплуатационных нагрузок и, при условии создания цифровой модели объекта, позволит оценивать его напряженно-деформируемое состояние, накопленную поврежденность, и, как результат, реальный срок безопасной эксплуатации.

Предполагается размещение данной системы на объектах:

СМГ «Б-У» 3 нитка;

КЦ №7 КС «Новоприводинская».



Рисунок 8 - Фотоматериалы КУ «Б»

Измерения смогут производиться в автоматизированном режиме с помощью технологии нацеливания на отражающие элементы средствами лазерной дальнометрии;

- контролируемые точки объекта мониторинга должны находиться в прямой видимости измерительного устройства на удалении от 5 м до 2000 м;
- разрешающая способность характеризуется углом поля зрения системы автоматического нацеливания;
- средняя скорость измерения (5-10 точек в минуту);
- точность 2-5 мм;

Диапазон рабочей температуры эксплуатации системы от – 60 до + 60 по Цельсию.

При решении производственных вопросов, связанных с анализом данных и прогнозированием данных по ГТМ, специалистами службы геотехнического мониторинга используется специализированное программное обеспечение Frost 3D Universal.

Программный комплекс Frost 3D Universal позволяет получать научно-обоснованные прогнозы тепловых режимов ММГ в условиях теплового влияния дорог, трубопроводов, добывающих скважин, гидротехнических и других сооружений с учетом термостабилизации грунта

Frost 3D Universal сертифицирован в Российской Федерации. Лежащие в основе программы Frost 3D Universal алгоритмы и методы (способы обработки и интерпретации информации) запатентованы.

Frost 3D Universal внесен в Реестр программ для ЭВМ федеральной службы по интеллектуальной собственности.

Заключение (Conclusion)

Так как ежегодно вводится всё больше зданий и сооружений в зоне распространения опасных геологических процессов, то при ведении ГТМ поставленная задача по разработке комплексной системы оценки геотехнического состояния газотранспортной системы является приоритетной.

Подводя итог перечислим выполненные работы в данном направлении:

- проведен анализ содержания и целевого назначения НТД в области ГТМ;
- разработана автоматизированная методика оценки температуры грунтов;
- разработана автоматизированная методика оценки изменений пространственного положения сооружений;
- введен в действие с 02.06.2021 СТО 71.12.3-00159025-50-022-2021 «Организация и выполнение работ по геотехническому мониторингу объектов системы магистральных газопроводов»

Планируется:

- совершенствование системы экспресс ранжирования сооружений по степени риска техногенных воздействий, опасных природных процессов и явлений;

- совершенствование системы в области прогнозирования сохранения нормальных условий эксплуатации сооружений;
- создание алгоритма выбора упреждающих мероприятий по инженерной защите сооружений.

Библиографический список:

1. № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»
3. СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»
4. СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов»
5. ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»
6. СТО Газпром 2-2.1-435-2010 «Проектирование оснований, фундаментов, инженерной защиты и мониторинга объектов ОАО «Газпром» в условиях крайнего севера»
7. СТО Газпром 2-3.1-071-2006 «Регламент организации работ по геотехническому мониторингу объектов газового комплекса в криолитозоне»
8. СТО Газпром 2-3.1-072-2006 «Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне»
9. РМ 50-004-2016 «Регламент взаимодействия филиалов и подразделений ООО «Газпром трансгаз Ухта» при организации и выполнении работ по геотехническому мониторингу объектов СМГ «Бованенково-Ухта»
10. Программный комплекс для теплотехнических расчетов FROST 3D UNIVERSAL [Электронный ресурс]. URL: <http://frost3d.ru/>.

УДК 621.644.07

Обеспечение эффективности проектирования и строительства магистральных трубопроводов в сложных условиях окружающей среды

Ефимова К.А., Чижевская Е.Л.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Особенностью магистральных трубопроводов является их большая протяженность, а также обширные площади размещения с различными климатическими, природными и геологическими условиями. Зачастую эти условия можно отнести к сложным, строительство в которых требует особых решений как при проектировании, так и при реализации проектных решений. В статье выполнен обзор специфики различных территорий, учитываемой при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов. Выделены условия окружающей среды, которые можно отнести к сложным, и подробно рассмотрены их характерные особенности. Изучены основные методы выбора трассы, проектирования и строительства, которые обеспечат бесперебойную, надёжную и эффективную работу трубопровода.

Магистральные трубопроводы имеют большую протяженность, размещены на обширных территориях с разными климатическими, природными и геологическими условиями. Зачастую эти условия можно отнести к сложным, строительство в которых требует особых решений как при проектировании, так и при реализации проектных решений.

Условия строительства линейной части магистральных трубопроводов можно классифицировать на нормальные, сложные (особые) и переходы через искусственные и естественные препятствия. К нормальным условиям относятся такие, которые не требуют применения специальных технологий, машин и механизмов при производстве работ. В таких

случаях строительство ведется по типовым технологическим схемам. Особые условия требуют внесения соответствующих корректировок в зависимости от этих условий.

В качестве условий окружающей среды, которые можно отнести к особым (сложным), рассматривают:

1. сильно пересеченный рельеф местности (горные условия), которые характеризуются наличием скальных пород, горных рек и ручьев, оползневых участков и косогорных участков;

2. пересечение болот и обводненных участков;

3. многолетнемерзлые и пучинистые грунты;

4. сейсмические районы;

5. барханные пески, пустыни и полупустыни с особыми грунтами – песками.

Изучим основные особенности при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов при вышеперечисленных условиях окружающей среды.

Как показывает практика, строительство магистральных трубопроводов в горных условиях и на пересеченной местности является сложным инженерно-техническим и организационным мероприятием. К осложняющим факторам можно отнести наличие горных рек, залесенность местности на большой протяженности, продольные склоны с уклоном 30 градусов и более, косогорные участки с уклоном 40 градусов и более, скальные породы, оползневые процессы и сели, обильные осадки, отрицательные температуры и т.д.

В горных условиях и в районах с сильно пересеченным рельефом местности следует предусматривать прокладку трубопровода в долинах рек вне зоны затопления или по водораздельным участкам, избегая неустойчивых и крутых склонов, а также районов селевых потоков.

В оползневых районах при малой толщине сползающего слоя грунта следует предусматривать подземную прокладку с заглублением трубопровода ниже плоскости скольжения. Оползневые участки большой протяженности следует обходить выше оползневого склона. При пересечении селей следует применять, как правило, надземную прокладку. Для трубопроводов, укладываемых по косогорам с поперечным уклоном свыше 35°, следует предусматривать устройство подпорных стен. В зависимости от сочетаний вышеперечисленных факторов строительство может быть организовано как открытыми, так и закрытыми методами.

Траншея для укладки трубопровода должна быть проложена в материковом грунте вблизи подошвы откоса на расстоянии, обеспечивающем нормальную работу землеройных машин. Для отвода поверхностных вод у подошвы откоса, как правило, следует предусматривать кювет с продольным уклоном не менее 0,2 %.

Для защиты трубопроводов при прокладке их в указанных районах могут быть предусмотрены уполаживание склонов, водозащитные устройства, дренирование подземных вод, сооружение подпорных стен, контрфорсов.

Часто при строительстве магистральных трубопроводов в условиях Крайнего Севера, а также в Сибири трубопроводы пересекают болота и заболоченные участки. Болотами называются переувлажнённые участки земной поверхности, сложенные торфяным слоем. Мощность торфяного слоя более 0,5 метров, при меньшем значении это заболоченные участки.

В зависимости от стадии заболачивания местности болота подразделяются на:

- низинные - сосредоточены на территории пойм и дельт крупных рек, тип болот с богатым водно-минеральным питанием, в основном за счёт грунтовых вод;

- переходные – располагаются на пониженных участках средних и верхних частей склонов, питание – ключевое или за счет поверхностных стоков;

- верховые - расположены обычно на плоских водоразделах, питаются только за счёт атмосферных осадков.

В зависимости от условий строительства магистральных трубопроводов болота подразделяются на 3 типа:

I – болота, целиком заполненные торфом, на которых допускаются работа и неоднократное передвижение болотной техники с удельным давлением 0,02-0,03 МПа;

II – болота, целиком заполненные торфом, на них допускаются работа и передвижение строительной техники только по щитам, сланям или дорогам, снижающим удельное давление на поверхности залежи до 0,01 МПа;

III – болота, заполненные растекающимся торфом и водой с плавающей торфяной коркой. Здесь допускается работа только специальной техники на понтонах или обычной техники с плавучих средств.

Магистральный трубопровод на болотах обычно прокладывается подземно, в редких случаях при соответствующем обосновании, проектом может быть предусмотрена надземная прокладка (на опорах). Сам участок трубопровода должен быть прямолинейным с минимальным количеством поворотов.

На болотах II и III типа при протяженности более 500 метров проектом должна быть предусмотрена резервная нитка. На болотах III типа протяженностью более 500 метров на обоих берегах устанавливается запорно-регулирующая арматура [1].

Трубопровод, пересекающий болота и заболоченные участки, должен быть рассчитан на прочность и устойчивость как в продольном направлении, так и против всплытия. В зависимости от результатов расчетов трубопровод балластируется. На болотах III типа предусматривается сплошная балластировка – сплошное бетонирование или балластировка при помощи железобетонных или чугунных кольцевых пригрузов. На болотах I и II типа, при условии, что уровень воды ниже половины диаметра трубопровода, балластировка осуществляется за счет балластирующих устройств охватывающего типа или полимерно-контейнерных балластирующих устройств.

Строительство магистральных трубопроводов на заболоченных участках осуществляется в зимний период времени, при этом полоса, где планируется прохождение строительной техники дополнительно промораживается. Это возможно сделать на основе перемещения снежного покрова, дополнительной трамбовки поверхностного слоя или заливки водой. В свою очередь, полоса, где планируется разработка траншеи, должна быть защищена от дополнительной промерозки.

Следующим сложным условием окружающей среды является многолетнемерзлые грунты. Многолетнемерзлые грунты занимают значительную часть поверхности на планете (около 23%) и порядка 47% территории Российской Федерации. Осложняющими факторами при строительстве магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах в первую очередь является наличие отрицательных температур как грунта, так и воздуха.

Другим осложняющим фактором являются существенные изменения физико-механических свойств грунта в процессе его оттаивания. Грунты, имеющие отрицательную температуру либо близкую к нулю, с включением льда, называются мерзлыми. Грунты, которые находятся в таком состоянии 3 года и более, называются многолетнемерзлыми. В свою очередь многолетнемерзлые грунты подразделяются на:

- сезоннопромерзающие – оттаивающие и промерзающие в период положительных и отрицательных температур без смерзания подстилающей многолетнемерзлой толщи грунта;
- сезоннооттаивающие – оттаивающие и промерзающие в летний и зимний период года с полным смерзанием подстилающей многолетнемерзлой толщи грунта.

В зависимости от условий толщина или высота сезонного промерзания может варьировать в интервале от 0,2 до 3,5 метров, толщина или высота сезонного оттаивания от 0,6 до 5,0 метров.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов возможны следующие процессы:

- наледь – промерзание воды, выходящей на поверхность, как правило, грунтовой воды в период отрицательных температур;
- солифлюкция – это медленное вязкое течение грунта на продольных склонах в

результате сезонного оттаивания и промерзания;

- термокарст – это локальная просадка грунта в результате протаивания отдельных включений льда;

- морозобойные трещины – это вертикальные трещины на поверхностном слое грунта в результате резкого изменения температуры.

При проектировании и строительстве магистральных трубопроводов участков, где распространены подобного вида явления, следует избегать. Также на этапах расчета на прочность, деформацию и устойчивость магистральных трубопроводов при пучении и просадке грунтов необходимо учитывать дополнительные нагрузки и воздействия в результате характерного изгиба профиля трубопровода [2].

В свою очередь, магистральные трубопроводы в зависимости от температуры перекачиваемого продукта условно подразделяются на:

- «холодные» ($t < 0$ °C);
- «теплые» ($t = 0$ °C);
- «горячие» ($t > 0$ °C).

При пересечении участков с пучинистыми грунтами при расчете «холодных» трубопроводов необходимо оценивать параметры ореола промерзания грунта, параметры пучения, и на основе этого вести расчеты на прочность и устойчивость. Для того чтобы уменьшить негативное влияние со стороны грунта в результате его пучения на трубопровод предусматривают различные конструктивные и технологические решения. Среди основных можно выделить замену грунта и техническую его мелиорацию.

Не менее существенное влияние на надежность трубопровода оказывает просадка грунта. В этом случае так же необходимо предусматривать различные меры, среди основных - применение теплоизоляционных материалов, использование поддерживающих подземных элементов для фиксации трубопровода и использование термостабилизаторов для поддержания отрицательной температуры около опорных элементов или самого трубопровода.

Еще одним особым условием окружающей среды при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов являются сейсмические районы. Сейсмичность России обусловлена наличием на её территории четырёх границ крупных литосферных плит: юго-западной окраины Кавказа (сближение Евразийской плиты с Африкано-Аравийской со скоростью 2-4 см/год), Уральских гор (сближение Евроамериканской плиты с Азиатской со скоростью 1 мм/год), района Байкала (вращение Амурской плиты со скоростью 1-2 мм/год) и Курило-Камчатской дуги (сближение Тихоокеанской плиты с Евразийской со скоростью 8 см/год).

В местах со средним уровнем подвижности земной коры используют подземный способ прокладки. Трубы помещают в траншею, заполненную упругими материалами, и фиксируют на песчаной подушке. В местах активных геологических разломов устанавливают опоры, обеспечивающие смещения, но не допускающие падения труб с ригеля.

Сейсмические воздействия на трубопровод распределяются вдоль его продольной оси. При монтаже проверяют прочность стыковых соединений, устанавливают автоматическую систему контроля положения, срабатывающую при предельных смещениях [3].

Прохождение трассы по пустыням и песчаным местностям является еще одним условием окружающей среды, которое требует особых решений при проектировании и строительстве трубопровода. Пустыни обычно представляют собой равнинные участки земной поверхности без растительного покрова. Как правило в строительной практике термин «пустыня» обозначает территорию с песчаными и глинистыми грунтами.

Рекомендуется планировать прокладку трубопровода с осени до середины весны, чтобы предотвратить строительство в более теплую погоду. В противном случае для работы в летний сезон необходима разработка особого графика проведения работ с большими перерывами в самое жаркое время суток. Кроме того должны быть приняты меры по защите рабочих и оборудования от пылевых бурь, а в зимнее время от снежных буранов. Необходимо обеспечить достаточное водоснабжение для персонала и оборудования.

После выбора трассы в зоне распространения барханных песков осуществляют планировку по всей ширине строительной полосы. Далее с учетом плотности песчаных грунтов либо бульдозерами, либо экскаваторами - одноковшовыми (предпочтительнее типа драглайн) или роторными - разрабатываются траншеи [4,5]. При этом надо стремиться к тому, чтобы изоляционно-укладочные работы не отставали от земляных, поскольку есть угроза заноса выкопанных траншей или смещения их бортов. Глубина траншей рассчитывается с учетом смещения масс песка в результате его движения.

Уложенный в траншею трубопровод засыпается и уплотняется проходами бульдозеров над засыпанной траншеей. Затем оставшийся грунт равномерно распределяют по трассе и снова уплотняют. Рекомендуется проведение мероприятий по снижению подвижности песка: высадку растительности, битумизацию грунтов и/или применение специальных «ловушек».

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов в сложных условиях окружающей среды, к которым можно отнести горные местности, заболоченные участки, многолетнемерзлые грунты, сейсмические районы и пустыни, необходима разработка и реализация организационно-технологических решений, которые обеспечат бесперебойную, надёжную и эффективную работу трубопровода.

Авторы благодарят за поддержку данного исследования национальный проект «Наука и университеты» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FEWN-2021-0012).

Библиографический список:

1. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы
2. Эксплуатация магистральных и технологических нефтегазопроводов. Объекты и режимы работы: Учебное пособие. Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014 – 278 с.;
3. Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах: учебное пособие для студентов нефтегазового профиля / Г. В. Бахмат [и др.] ; ред. Ю. Д. Земенков ; ТюмГНГУ. - Тюмень : Вектор Бук, 2010. - 544 с.
4. Голик В.В., Земенков Ю.Д., Гладенко А.А., Земенкова М.Ю. Мониторинг конструктивной надежности и механической безопасности подземных нефтепроводов с учетом динамики свойств многолетнемерзлых грунтов / Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: Материалы 11-й Международной научно-технической конференции. – Омск: ОмГТУ, 2021. - С. 184-185.
5. Golik V.V., Zemenkov Y.D., Gladenko A.A. Thermophysical parameters monitoring of main pipelines under severe engineering and geological conditions of the arctic region of the russian federation / AIP Conference Proceedings. Ser. "Oil and Gas Engineering, OGE 2020". 2020. - p. 050009.

УДК 620.196.

Совершенствование методики оценки коррозионной агрессивности грунта на территории промышленных площадок

Филиппов С.Ю., Яворская Е.Е.

Научный руководитель - Исупова Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Коррозия металлов в подземных условиях является главной причиной разгерметизации газо- и нефтепроводов, она приносит огромный материальный ущерб и вред окружающей среде. При оценке коррозионной опасности основным показателем является скорость коррозии металла подземных сооружений [1]. Очевидно, что скорость коррозии достоверно можно оценить только по прошествии некоторого времени с момента ввода сооружений в эксплуатацию, используя специальные методы измерений. На стадии проектирования

действующими нормативными документами рекомендуется использовать прогнозируемую скорость коррозии, что не позволяет осуществлять выбор оптимальных способов защиты и мероприятий по минимизации коррозионной опасности для подземных технологических трубопроводов и оборудования.

Наиболее существенным фактором опасности коррозии подземных газонефтепроводов является коррозионная агрессивность грунта, оцениваемая по величине удельного электрического сопротивления (УЭС) по табл.1.

Таблица 1 - Коррозионная агрессивность грунта (почвенно-грунтовых вод) по отношению к углеродистой и низколегированной стали

Коррозионная агрессивность грунта	УЭС грунта (почвенно-грунтовых вод), Ом·м
Низкая	Св. 50
Средняя	Св. 20 до 50 включ.
Высокая	До 20 включ.

Однако для организации проведения измерений УЭС в полевых условиях в действующих нормативных документах не представлен выбор методов измерений, не обозначена область их применения, отсутствует информация о рекомендуемых к использованию приборах и средствах измерений, не приведены рекомендации по времени проведения измерений и требования к точности получаемых результатов, отсутствуют обоснования выбора количества измерений. Кроме того, действующая методика не позволяет учесть неоднородность грунтовых условий, которая может быть выявлена как на стадии проектирования, так и при эксплуатации площадного объекта [2].

Таким образом, на сегодняшний день оценка коррозионной агрессивности грунта по величине УЭС носит формальный характер, что влечет необходимость совершенствования существующего подхода выявления и минимизации опасности коррозии подземных газонефтепроводов.

Цель работы – Повышение эффективности противокоррозионной защиты трубопроводов и объектов находящихся на территории площадных объектов нефтегазового комплекса путем внедрения в практику усовершенствованной методики оценки коррозионной активности грунтов.

Задачи:

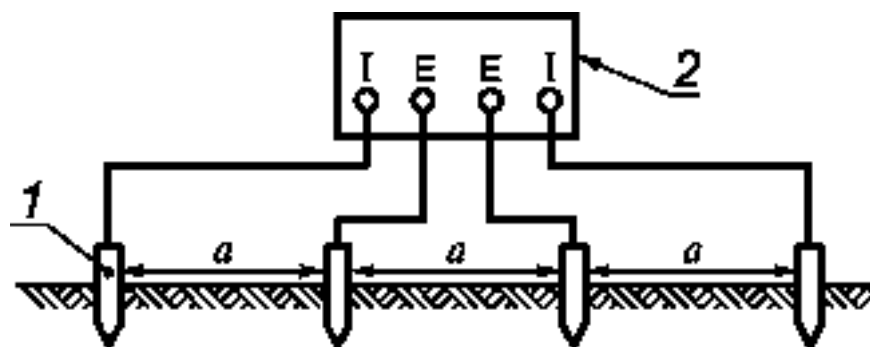
1. Выполнить анализ существующих методов определения коррозионной активности грунта, включающий исследование характеристик грунта влияющих на его удельное электрическое сопротивление.
2. Создание алгоритма принятия решений и выбора соответствующих действий и мероприятий по установлению факта и оценке степени неоднородности грунтовых характеристик.
3. Усовершенствование методики расчёта удельного электрического сопротивления грунта с учетом неоднородности грунтовых характеристик.

Известно, что в ходе проектирования системы электрохимической защиты трубопроводов и оборудования данное об УЭС грунта используют для оценки степени его агрессивности, выбора мест заложения анодных заземлителей, а также для расчета анодных и защитных заземлений при проектировании площадных объектов. Согласно [3] измерение УЭС грунта выполняется по четырехточечному методу без отбора проб с использованием потенциометра ЭП - 1М или измерителей заземления МС-08 (М-416), а также ГЕОНМ С, М5032, МЕТРАТЕР, ТЕРСА 2 или аналогичных приборов зарубежных фирм. Глубина установки электродов должна быть не более 1/20 расстояния между ними.

На достоверность результатов измерений могут оказывать влияние следующие факторы:

- состав грунта;
- время года;

- температура (грунта и окружающего воздуха);
- расстояние между измерительными электродами;
- глубина расположения измерительных электродов.



1 – электрод, 2 - прибор с клеммами (I – сила тока; E – напряжение);
a - расстояние между электродами

Рисунок 1 – Четырехэлектродная схема проведения измерения УЭС грунта

Более достоверным является метод определения УЭС грунта методом отбора проб, однако существует ряд ограничений данного метода (например, необходимо обеспечить соответствующие условия хранения при транспортировке проб до лаборатории).

Как правило, в расчет берется УЭС исключительно верхнего слоя грунта, причем зачастую – среднее значение из полученных на территории площадки, определяемое по формуле:

$$\rho_r = \frac{(\sum I_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{I_i}{\rho_{ri}}\right)^2}, \quad (1)$$

где l_i - длина i-го участка с УЭС грунта ρ_{ri} , м;

n - количество участков с УЭС грунта ρ_{ri} .

Усредненное значение УЭС грунта может существенно снижать достоверность определяемых в ходе проектирования расчетных параметров систем и оборудования, что снижает эффективность и долговечность их функционирования. По факту грунт на объекте может состоять из нескольких слоев, обладающих различными уровнями плотности, разными показателями УЭС, что, в свою очередь, влияет на проектирование и подбор элементов защитного заземления и системы ЭХЗ. В связи с этим возникает необходимость изучения карты геологического разреза грунтов на объекте, и при проектировании системы ЭХЗ принимать во внимание такие важные свойства грунтов как слоистость и пористость, а также особенности климатической зоны [4].

В связи с этим, разработка алгоритма, позволяющего определить необходимость проведения измерений, обосновать выбор координат и количества измерений в зависимости от условий рассматриваемого объекта, является необходимым шагом для достижения поставленной цели настоящего исследования.

Предлагаемая методика представлена в виде алгоритма принятия решений и выбора соответствующих действий и мероприятий по установлению факта и оценке степени неоднородности грунтовых характеристик (рисунок 2).

На стадии проектирования системы ЭХЗ трубопроводов и оборудования промышленных площадок целесообразно в первую очередь проанализировать материал, полученный в ходе проведения инженерно-геологических изысканий, выполненных с целью изучения инженерно-геологических условий района (площадки, участка, трассы) проектируемого объекта. В ходе таких изысканий, как правило, выполняются различные виды работ и комплексных исследований в соответствии с п. 5.1 СП 11-105-97. Особое внимание при анализе имеющихся

данных необходимо уделить результатам геофизических исследований, гидрогеологических исследований (при распространении подземных вод), полевых и лабораторных исследований грунтов. В общем случае оценка неоднородности грунтовых параметров на территории промышленной площадки требует бурения скважин, проходки шурфов, статического и динамического зондирования, с определением характеристик грунтов в полевых и лабораторных условиях.

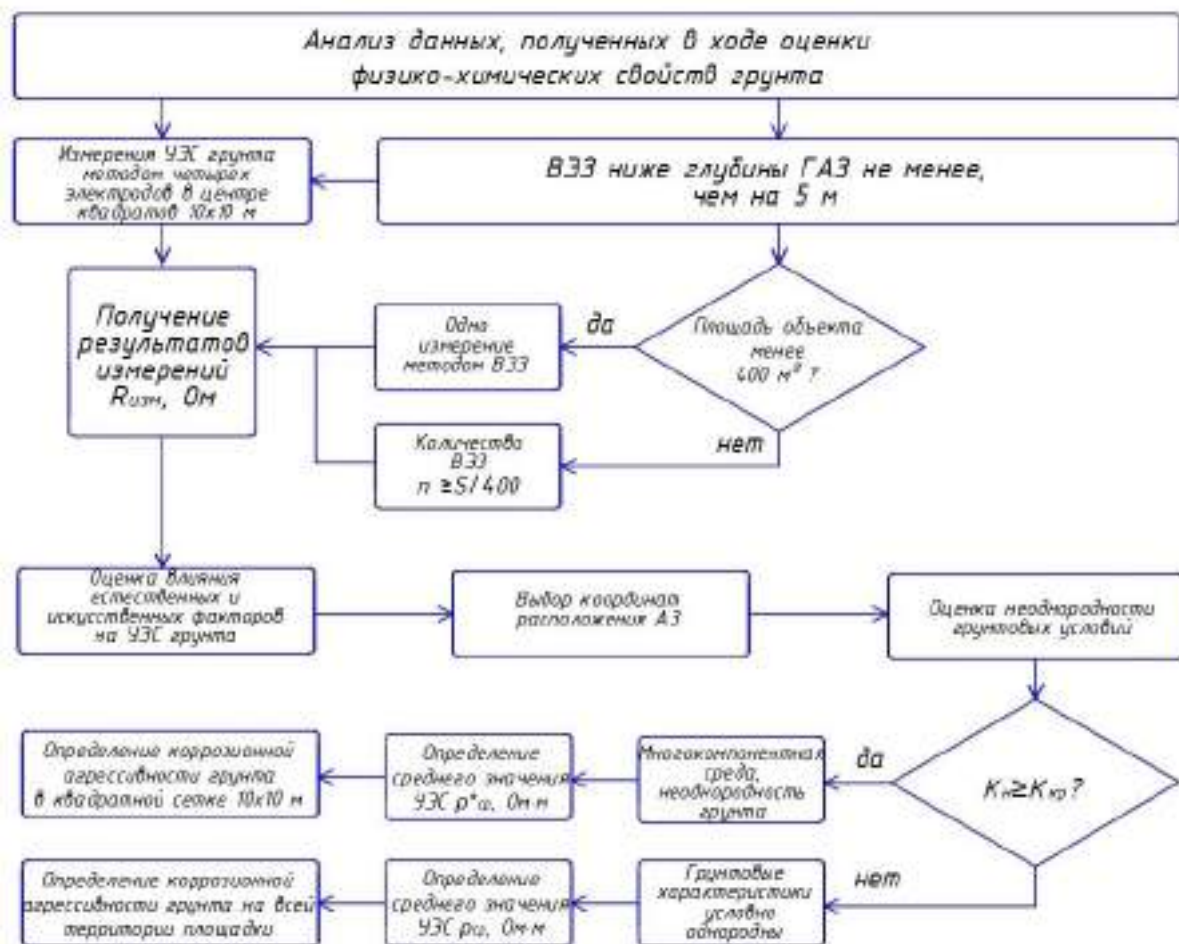


Рисунок 2 – Алгоритм принятия решений и выбора соответствующих действий и мероприятий по установлению факта и оценке степени неоднородности грунтовых характеристик

В случае если объем имеющейся информации, полученной в ходе инженерно-геологических изысканий, является недостаточным или не позволяет выполнить достоверную оценку степени неоднородности грунтовых характеристик по площади и по глубине (например, если согласно п. 5.2 СП II-105-97 результаты инженерно-геологических изысканий утратили актуальность в связи с давностью их получения, т.к. от окончания выполнения изысканий до начала проектирования прошло более 2-3 лет), то рекомендуется проведение дополнительных мероприятий по организации и выполнению измерений УЭС грунта четырехэлектродным методом в квадратной сетке 10x10 м, а также путем ВЭЗ, причем количество зондирований определяется следующим образом:

- на небольшой площадке ($S < 400 \text{ м}^2$) выполняется одно ВЭЗ. При этом центр зондирования должен находиться в центре или вблизи центра будущего ГАЗ
- на больших площадках ($S > 400 \text{ м}^2$), на которых могут иметь место некоторая неоднородность по удельному сопротивлению верхнего слоя (r_1) и изменение толщины этого слоя h_1 , число зондирований должно быть больше

$$n \geq S/400.$$

Для получения представления о возможных изменениях электропроводности грунта в различных точках промышленной площадки в процессе эксплуатации объекта необходимо дополнительно учитывать воздействие естественных и искусственных факторов на изменение величины УЭС грунта (рисунок 3).



Рисунок 3 – Факторы, влияющие на электропроводность грунта

Указанные факторы предлагается разделить на две группы:

1) Естественные:

– пористость

Пористость обуславливает способность горных пород вмещать жидкость или газ. Однако пористость не является достаточной характеристикой состояния грунта, поэтому при расчетах применяют коэффициент пористости – показатель плотности грунта, который показывает соотношение объема пор образца к объему, занимаемому его твердыми частицами.

– влажность

Электропроводность грунтов зависит еще и от влажности. Грунты в сухом состоянии обладают большим удельным сопротивлением, т.е. практически ток не проводят. Основной проводник тока в грунте – то его жидкая часть, т.е. почвенный раствор. Степень влажности грунта, или коэффициент водонасыщенности - это отношение естественной влажности грунта к влажности при полном заполнении пор водой.

– температура

На удельное сопротивление оказывает влияние и изменение температуры грунта, которое меняется в зависимости от многих причин. Электрическое сопротивление грунта значительно возрастает при уменьшении его температуры.

2) Искусственные:

– метод обработки

Существует три метода специальной обработки грунта: насыщение грунта легкорастворимыми солями; замена части грунта материалом с повышенной проводимостью; введение в грунт слабо-растворимых в воде соединений.

Введение в грунт легкорастворимых солей позволяет снизить температуру его замерзания, предотвращая понижение его проводимости в условиях низких температур, что, в свою очередь, снижает показатели сезонных коэффициентов изменения сопротивления заземления.

Замена объема грунта проводящим материалом с повышенной проводимостью, в частности используются глиняные или бентонитовые суспензии.

В результате применения слаборастворимых в воде электропроводящих веществ, после обработки грунта создаётся проводящая зона, нерастворимая в воде и сохраняющая свои свойства значительный мерило времени.

– уплотнение

Важным фактором электропроводности грунтов является внешнее давление, передаваемое на грунт: повышение электропроводности зависит от увеличения давления.

Для оценки степени влияния неоднородности грунтовых условий на параметры токораспределения в системе ЭХЗ и необходимости внедрения мероприятий по повышению эффективности защиты подземных трубопроводов от коррозии введем новый критерий - коэффициент неоднородности грунтовых характеристик K_n , определяемый по формуле

$$K_n = \sqrt{\frac{\sum(\rho_i - \rho_{cp})^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

где ρ_{cp} - среднее значение УЭС грунта, Ом·м;

ρ_i - значение УЭС грунта, полученное при проведении измерений, Ом·м;

n - общее количество участков/интервалов, на которых проводились измерения удельного электрического сопротивления грунта.

Полученное значение позволяет судить о степени неоднородности грунтовых характеристик:

• $0 < K_n < 50$ – однокомпонентная среда, грунтовые характеристики условно однородны. При дальнейшей оценке коррозионной агрессивности грунта и проектировании системы ЭХЗ трубопроводов и оборудования целесообразно пользоваться общепринятой методикой определения среднего значения УЭС грунта по формуле (1);

• $K_n > 50$ – многокомпонентная среда, необходимо учитывать неоднородность грунтовых характеристик. Коррозионную агрессивность грунтов необходимо оценивать для каждого квадрата в той разметке, в которой проводились измерения УЭС грунта четырехэлектродным методом. Для дальнейшего проектирования системы ЭХЗ и расчета электрических характеристик трубопровода предлагается использовать следующую формулу определения среднего значения УЭС грунта

$$\rho_{cp}^* = \rho_{cp} + \frac{\sum(\rho_{maxi} - \rho_{cp}) \cdot k}{n}, \quad (3)$$

где ρ_{cp} - среднее значение УЭС грунта, определяемой по формуле (1), Ом·м;

ρ_{maxi} - максимальное значение УЭС грунта, полученное при проведении измерений, Ом·м;

k - количество участков/интервалов, на которых наблюдается максимальное значение удельного электрического сопротивления грунта;

n - общее количество участков/интервалов, на которых проводились измерения удельного электрического сопротивления грунта.

Выводы:

1. Установлено, что существующие методы определение такой основной характеристики коррозионной активности грунта, как его удельное электрическое сопротивление не позволяют учесть неоднородность грунтовых условий, которая может быть выявлена как на стадии проектирования, так и при эксплуатации площадного объекта.

2. Разработан алгоритм принятия решений и выбора соответствующих действий и мероприятий по установлению факта и оценке степени неоднородности грунтовых характеристик, позволяющий определить необходимость проведения измерений, обосновывающий выбор координат и количество измерений в зависимости от условий рассматриваемого объекта.

3. Определено, что для получения представления о возможных изменениях

электропроводности грунта в различных точках промышленной площадки в процессе эксплуатации объекта необходимо дополнительно учитывать воздействие таких факторов, как: пористость, влажность, температура, метод обработки и уплотнения грунта.

4. Предложено ввести новый критерий - коэффициент неоднородности грунтовых характеристик Кн, по которому можно будет судить о степени неоднородности грунтовых характеристик.

Библиографический список:

1. СТО Газпром 9.0-001-2009 «Защита от коррозии. Основные положения»
2. Яворская Е.Е. Влияние методов технической мелиорации грунтов промышленных площадок на параметры токораспределения в условиях экранирования катодного тока // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе – 2020. – № 1(292). – С.45–53
3. ГОСТ 9.602-2005 «Единая система защиты от коррозии и старения»
4. Статья исследование влияния основных свойств грунта на сопротивление заземляющих устройств Л.М. Веденева, А.В. Чудинов. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т.16, №1. С.89–100

УДК 622.692.23 – 7

Разработка защитного полимерного антикоррозионного покрытия для трубопроводов, оборудования и конструкций, работающих в агрессивных средах

Хабаров Е.А.¹, Григорьева Т.А.², Терентьева М.В.², Хабарова З.В.³

1 – Синдорское ЛПУМГ, ООО «Газпром трансгаз Ухта, г. Ухта, Россия

2 – Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия,

3 – Инженерно-технический центр, ООО «Газпром трансгаз Ухта, г. Ухта, Россия

Процесс разрушения конструкций и их защита от коррозии и обледенения при эксплуатации в условиях Крайнего Севера и Арктического шельфа долгое время остаются важнейшими научно-техническими и экономическими проблемами.

Одним наиболее используемых методов защиты от коррозии является нанесение защитных покрытий на металлоконструкции. Однако существующие на современном рынке материалы имеют ряд недостатков, являясь либо малофункциональными, либо дорогостоящими, либо недолговечными. Наиболее удовлетворительным техническим решением, отвечающим заданным требованиям, является создание антикоррозионного покрытия, включающего, по меньшей мере, два слоя с разной функциональностью [1].

Защитное покрытие, разработанное авторами, должно обеспечивать надежную работу и гарантированный ресурс металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера и Арктики, характеризующихся такими разрушающими факторами, как сочетание колебаний температуры и атмосферного давления, высокая относительная и низкая абсолютная влажность, жесткий ветровой режим, переменное смачивание как пресной, так и соленой морской водой.

По результатам анализа литературных данных и ранее проведенных собственных исследований [2] в качестве основы для разработанного покрытия была принята двухслойная конструкция, имеющая два пласта различной функциональности, компонентный состав которых представлен на рисунке 1.

Внутренний слой обеспечивает адгезию к защищаемому материалу, является гибридным материалом, в состав которого входит органический полимер (эпоксидная смола) и неорганический наполнитель (оксид алюминия). Наполнитель, который вводится в состав полимерной матрицы, играет роль модифицирующего компонента, поскольку влияет на исследуемые характеристики получаемого материала.

Состав композиции: эпоксидная смола от 75 до 80 % мас., отвердитель 20 до 25 % мас., оксид алюминия от 0,5 до 1,0 % мас.



а) внутренний слой, б) внешний (наружный) слой

Рисунок 1 – Компонентный состав слоев защитного покрытия

В качестве эпоксидной смолы используют эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), в качестве отвердителя – изо-метилтетрагидрофталевоый ангидрид марки изо-МТГФА (ТУ 6-09-3321-73), в качестве наполнителя – нанодисперсный оксид алюминия (ч.д.а.). Смешивание эпоксидной смолы с наполнителем осуществляется на мешалке при постоянной скорости (около 500 об./мин), при комнатной температуре в течение 45 мин. По истечении указанного времени в подготовленную смесь вводится отвердитель и далее перемешивание осуществляется при такой же скорости и температуре в течение 60...120 мин.

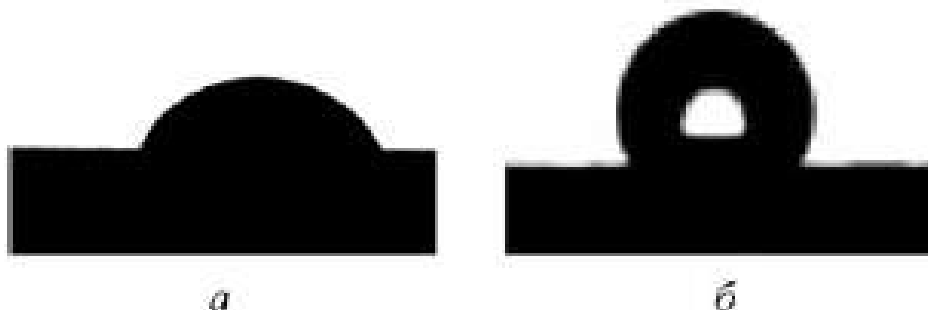
Наружный слой, контактирующий с агрессивной средой, обеспечивает максимальную гладкость и гидрофобность покрытия за счет низкой смачиваемости, что обусловлено добавлением в состав петролатума (28...32 % об.), растворенного в керосине. В качестве субстрата была определена сталь марки 17Г1С. Перед нанесением покрытия поверхность стальной пластины зачищалась до металлического блеска и обезжиривалась. Нанесение покрытия на образец осуществлялось в два этапа.

Первый этап – поверхность стальной пластины смазывалась составом слоя А (толщина слоя не более 0,1 мм) и помещалась в сушильный шкаф для отверждения при температуре 100...180 °С в течении 5 ч.

Второй этап – на охлажденную пластину со слоем А были последовательно нанесены набрызгиванием три слоя состава Б, которые далее высушивались при температуре 45 °С. Общая толщина полученного слоя Б составила $S = 30$ мкм.

Оценка адгезионных свойств внутреннего слоя проводилась по краевому углу смачивания по методу лежащей капли [3]. Краевой угол смачивания измерялся с помощью оптического прибора OCA-15EC DataPhysics Instruments GmbH. Принцип действия прибора основан на фиксации изображения капли определенной жидкости, нанесенной на твердую поверхность исследуемого образца, и графическом методе измерения контактного угла. По умолчанию, расчет краевого угла осуществлялся с помощью аппроксимации "Эллипс". Объем дозируемой капли составляет 1 мкл. Подготовленный состав слоя А в нагретом до 80 °С состоянии наносился на поверхность исследуемого субстрата и через 10 мин фиксировалось значение краевого угла. Низкие значения краевого угла свидетельствуют о высокой степени сцепления адгезива с выбранным субстратом [3].

Значения краевого угла пресной и соленой вод относительно стальной поверхности без покрытия не превышают значения 90 град, что характеризует поверхность как гидрофильную. Это объясняет ошутимый прирост массы при замораживании в обоих случаях: жидкость сорбируется на поверхности субстрата. В случае поверхности с покрытием, значения краевого угла которого значительно выше и в обоих случаях превышают 90 град, характеризует поверхность покрытия как гидрофобную (рисунок 2).



а – образец без покрытия, б – образец с покрытием

Рисунок 2 – Фотография капли воды на образце

Результаты исследований адгезионных свойств состава А по краевому углу смачивания свидетельствуют о высокой степени сцепления выбранного эпоксиполимерного гибридного состава со стальной поверхностью (таблица 1):

Таблица 1 – Адгезионные характеристики внутреннего слоя покрытия

Показатели	θ , град	$\text{Cos } \theta$	W_a/W_k	W_a , мДж/м ²
Значения	35	0,8192	0,9096	65,5

Данный эффект объясняется физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела фаз, обусловленными взаимодействием между активными центрами в составе полимера (гидроксильные группы, электроотрицательные атомы, такие как кислород, хлор и др.) и функциональными группами на поверхности субстрата. Введение модифицирующего компонента – оксида алюминия – обеспечивает образование дополнительных кислотно-основных центров, что приводит к упрочнению межмолекулярных связей на границе раздела адгезив–субстрат.

Оценка коррозионной стойкости металла, защищенного разработанным покрытием, в пресной и соленой (морской) воде в зоне переменного смачивания проводилась гравиметрическим методом путем оценки изменения массы стальных образцов без покрытия и с покрытием после длительного смачивания на основании методики, описанной в ГОСТ 9.506-87. Для проведения испытаний две стальные пластины подготавливались указанным способом, на один из образцов по всей площади наносилось разработанное покрытие, а другой – контрольный – оставался без покрытия. Далее обе пластины помещались в воду и выдерживались при одинаковых условиях в течение 200 суток. Исследования проводились при комнатной температуре (22...24 °С), атмосферном давлении (750 мм рт. ст.) и при периодическом (по 3 ч каждые сутки) перемешивании на магнитной мешалке со скоростью 100 об./мин. Каждые 40 суток образцы извлекались из воды, зачищались щеткой с твердым ворсом от продуктов коррозии и взвешивались. Исследования проводились параллельно в двух тестовых жидкостях: пресной водопроводной воде и смоделированной морской воде, соленостью 25 ‰. После взвешивания образцы погружались в воду, уровень которой доводился до первоначального положения метки (рисунок 3).

Оценка стойкости покрытия к обледенению проводилась также гравиметрическим методом, путем определения изменения массы образцов до и после смачивания в воде с последующим охлаждением. Образцы стали подготавливались описанным способом и помещались в пресную и соленую (соленость 25 ‰) воды на 5 минут. Охлаждение проводилось при температуре –20°С в

течении 8 часов. Кроме того, были проведены исследования по определению стойкости к обледенению покрытия по краевому углу смачивания по методу лежащей капли. На подготовленные соответствующим образом стальные образцы с покрытием и без покрытия дозировали пресную и соленую воды и фиксировали значения краевого угла в начальный момент и через 10 минут. По значениям краевого угла судили о смачиваемости поверхности.

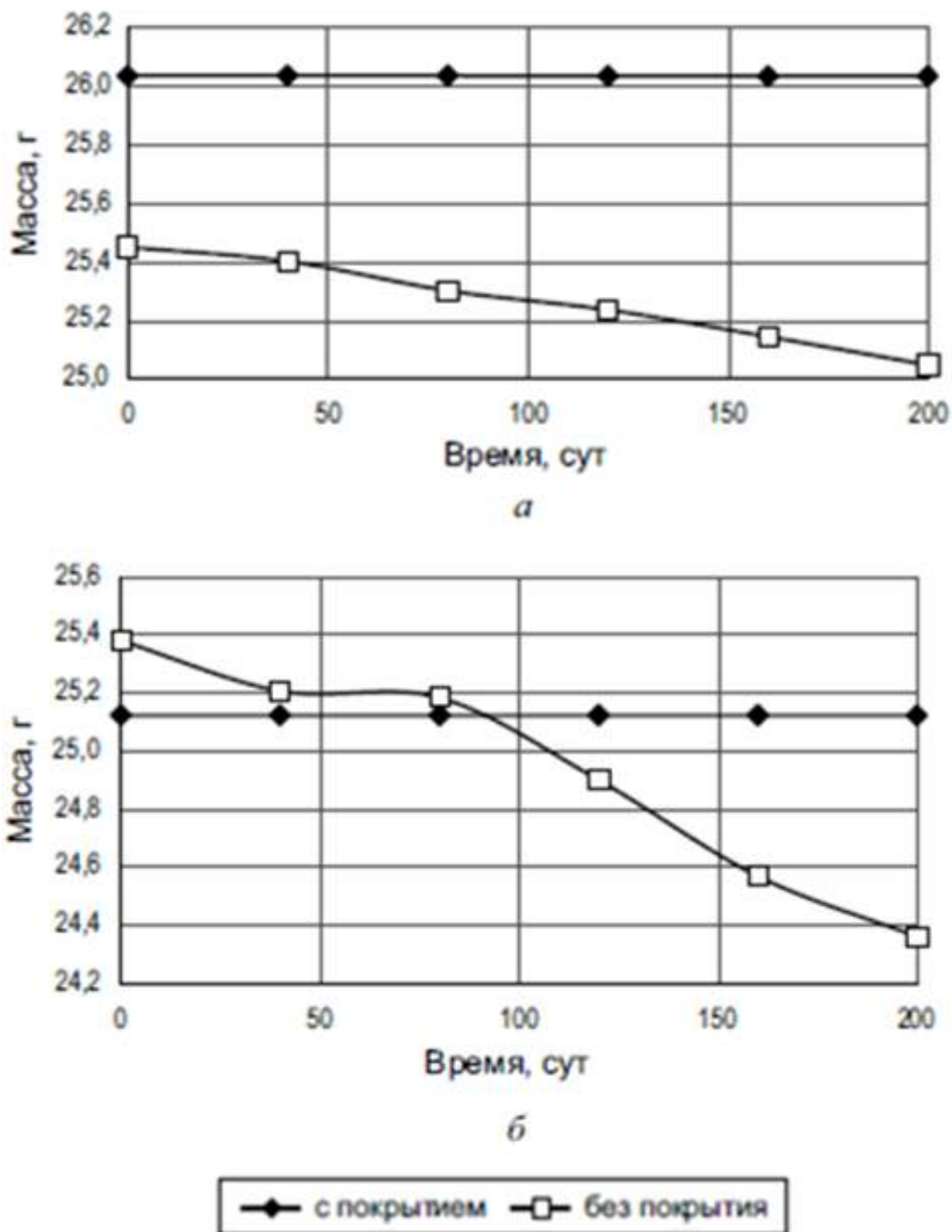


Рисунок 3 – Изменение массы образцов при выдержке в пресной (а) и соленой (б) водах

В ходе эксперимента по оценке эффективности антикоррозионной защиты в пресной и соленой (морской) водах в зоне переменного смачивания наблюдалось следующее: уменьшение массы образца без покрытия происходит как в пресной, так и в соленой водах. Масса образца без покрытия в пресной воде за 200 суток эксперимента уменьшилась на 0,4023 г, что составляет 1,58 % от первоначальной массы образца. В соленой (морской) воде масса образца

без покрытия за 200 суток уменьшилась на 1,0168 г, что составляет 4,01 % от первоначальной массы образца. При этом массы образцов с покрытием практически не изменились в обоих случаях: потеря массы в обоих случаях не превысила 0,001 %. Исследования стойкости к обледенению показали, что нарастание льда при низкой температуре в большей степени характерно для стальной поверхности, не обработанной защитным покрытием: прирост массы образца составляет 5,1 % от первоначальной массы в пресной и 3,5 % – в соленой водах. При этом прирост массы образцов с покрытием составил всего 0,5 % в пресной и менее 0,05 % в соленой водах. Наблюдаемый эффект объясняется результатами исследований по оценке смачиваемости образцов выбранными жидкостями (таблица 2):

Таблица 2 – Результаты исследований по оценке степени стойкости к обледенению

Образец	Среда	Прирост массы, %	θ , град	$\text{Cos } \theta$
Без покрытия	Пресная вода	5,1	54	0,5878
	Соленая вода	3,5	57	0,5448
С покрытием	Пресная вода	0,5	101	-0,1908
	Соленая вода	<0,05	106	-0,2924

На основании исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработано защитное антикоррозионное покрытие для трубопроводов и металлоконструкций, состоящее из двух слоев разной функциональности: внутреннего гибридного органо-неорганического материала на основе эпоксиполимерной матрицы, модифицированной оксидом алюминия, обеспечивающего высокую адгезию покрытия, и наружного супергидрофобного слоя на основе петролатума, растворенного в керосине.

2. Метод определения краевого угла смачивания показал высокую прочность сцепления выбранного эпоксиполимерного гибридного состава со стальной поверхностью, обусловленную взаимодействием между активными центрами модификатора (оксида алюминия), исходного полимера и функциональными группами на поверхности субстрата.

3. На основании результатов исследований коррозионной стойкости и устойчивости к обледенению гравиметрическим методом установлена высокая эффективность разработанного покрытия в качестве защиты от коррозии и обледенения в пресной и соленой водах. Полученные результаты позволяют рассматривать данное покрытие как перспективное для обеспечения надежной работы и гарантированного ресурса металлоконструкций. [4]

Библиографический список:

- Елагина О.Ю., Бурякин А.В., Жук В.В. Особенности применения протекторных металлизационных покрытий для коррозионной защиты металлоконструкций, работающих в морской среде // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 11. – С. 70–75.
- Мильке А.А. Исследования отказов промышленных трубопроводов в результате процесса коррозии в условиях Крайнего Севера // Творчество юных – шаг в успешное будущее: тр. X Всерос. науч. молодеж. конф. с междунар. участием с элементами науч. шк. им. проф. М.К. Коровина по теме "Арктика и её освоение". – Томск: ТПУ, 2017. – С. 303–304.
- Получение нового материала на основе эпоксидных олигомеров для формирования защитного антикоррозионного покрытия / А.В. Пестов, В.А. Осипова, О.В. Корякова [и др.] // Журн. прикладной химии. – 2020. – Т. 93, № 3. – С. 385–391. – DOI: 10.31857/S0044461820030111
- Пат. 2724746 Рос. Федерация, МПК C09D 5/08, C09D163/02. Защитное композиционное покрытие с повышенной коррозионной стойкостью и устойчивостью к обледенению / З.В. Морозова; патентообладатель ООО "Газпром трансгаз Ухта". – № 2019144083; заявл. 26.12.2019; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 18.

Применение технологии улавливания паров нефти и нефтепродуктов при испарении вследствие больших дыханий

Харитонов В.С., Пабузин Е.В.

Научный руководитель – Третьякова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Потери нефти и нефтепродуктов от испарений ежегодно приносят огромные убытки компаниям нефтегазового сектора. Особенно заметно данный процесс отражается при операциях слива/налива резервуаров, цистерн, танкеров и других ёмкостей, имеющих высокий коэффициент оборачиваемости. Всё перечисленное относится к «большим дыханиям» [1].

Из всех возможных видов и способов издержек, потери, связанные с «дыханиями», являются самыми значимыми в нефтегазовой отрасли. Испарения лёгких фракций углеводородов из резервуаров определяются дальнейшими цифрами: от «больших дыханий» – 81,2 %; от вентиляции ГП – 18 %; от «малых дыханий» – 0,8 %.

Потери при «больших дыханиях» проявляются следующим образом: при откачке продукта из ёмкости освободившийся объём ГП заполняется атмосферным воздухом. В таком случае парциальное давление паров в ГП падает, и начитается интенсивный процесс испарения нефти/нефтепродукта до насыщения ГП. При последующей операции налива резервуара оказавшаяся в ГП ПВС вытесняется из ёмкости. Издержки от «больших дыханий» в большой степени зависят от частоты оборота резервуара и пропорциональны объёму закаченного в резервуар нефтепродукта. Повышение давления приводит к срабатыванию дыхательных клапанов и последующему выпуску ценной ПВС в атмосферу [2, 3].

На сегодняшний день существует множество способов борьбы с потерями нефти и нефтепродукта во время их хранения в резервуарах НПС, НПЗ, нефтебаз и складов горючего. Способ борьбы выбирается в зависимости от причин, по которым в основном появляются потери, от типа потерь, технико-экономических расчётов с учётом метеорологических и производственных критериев. Далее будут представлены пять способов минимизации потерь нефти и нефтепродукта от испарений [4].

Первый способ – уменьшение объёма газового пространства резервуара. В теории, при отсутствии ГП потери от испарений полностью отсутствуют. На практике, чем меньше ГП в резервуаре, тем соответственно меньше потери.

Второй способ – хранение под избыточным давлением. Если предположить, что резервуар способен выдержать возрастающее давление ПВС в ГП резервуара, то необходимость в сообщении с окружающей средой отпадает.

Третий способ – уменьшение амплитуды изменения температуры ГП. Является самым легкодоступным и практически применимым техническим мероприятием. Этот метод снижает тепловое взаимодействие между нефтепродуктом и окружающей средой.

Четвёртый способ – улавливание паров нефтепродуктов, вытесняемых из резервуара. В этом методе соединяются газовые пространства нескольких резервуаров или иных ёмкостей с помощью системы газоуравнительных обвязок в виде трубопроводов.

Пятый способ – организационно-технические мероприятия. Планово организованная эксплуатация резервуаров является одним из наилучших средств сокращения потерь нефтепродуктов.

Рассмотрим более подробно четвёртый способ минимизации потерь.

Наиболее эффективным, с точки зрения обработки паров нефти и нефтепродуктов, являются установки улавливания паров. Такими установками перерабатывается вся паровоздушная смесь, прошедшая через дыхательные клапаны. При этом ПВС, которая прошла процесс обработки, но не подверглась эффекту установки (пары воздуха с небольшим количеством попутных лёгких и тяжёлых фракций), распыляется в атмосферу. Разработано множество конструкций для улавливания ПВС:

- адсорбционные установки;
- абсорбционные установки;
- мембранные аппараты;
- конденсационные;
- компрессионные установки;
- комбинированные.

Они предполагают разный подход к улавливаю ПВС.

Рассмотрим конкретную установку улавливания паров нефти и нефтепродукта, а именно ККР (комплекс конденсации и рассеивания паров) от отечественной компании «ГазСпецТехника» [5]. Пример установки показан на рисунке 1.

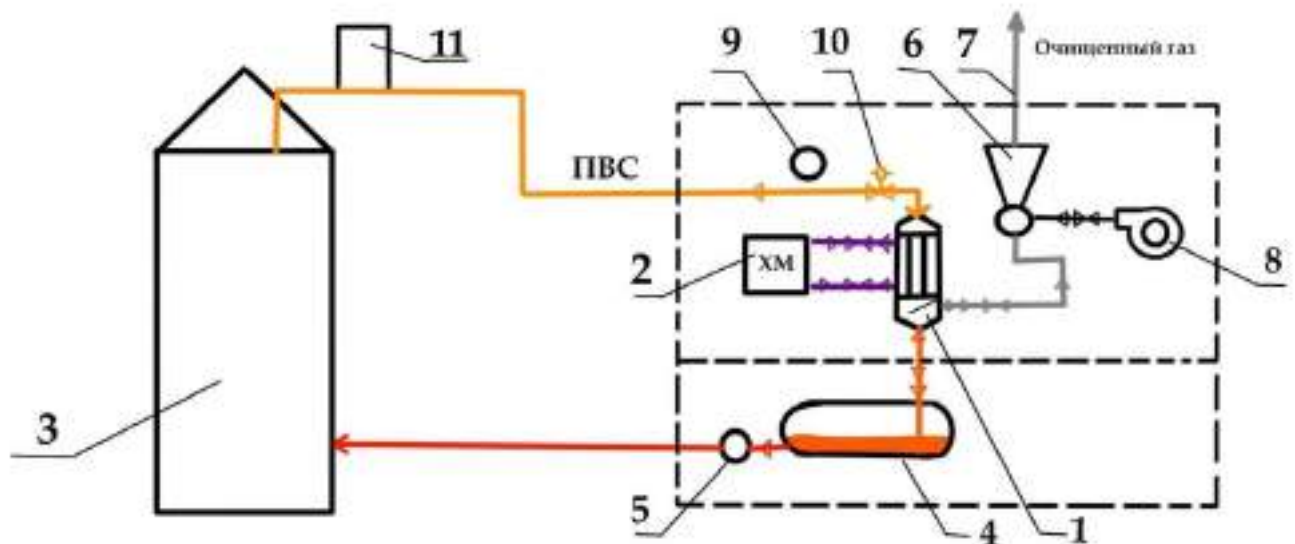


Рисунок 1 – Установка рекуперации паров ККР-1000 для НПЗ.

Данный тип установки использует в своей основе конденсато-абсорбционную технологию. Суть этой технологии заключается в том, что разные углеводороды из ПВС поочерёдно конденсируются, а потом растворяются друг в друге, происходит процесс рекуперации.

Более подробно этот процесс можно описать следующим образом: первым шагом является конденсация углеводородов при температурах до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от исполнения установки). Следующий шаг – сепарация смеси конденсата и паров углеводородов на центробежном сепараторе. В момент сепарации происходят дополнительные процессы теплообмена, это приводит к тому, что образовавшийся конденсат дополнительно поглощает пары углеводородов. После процессов конденсации и абсорбции полученная продукт самотёком поступает во временную ёмкость. Полученный конденсат можно отправить обратно в резервуар или на нужды предприятия. ПВС, которая не прошла через процесс конденсации распыляется в атмосферу (Рисунок 2). В основном это воздух с небольшим количеством тяжёлых и лёгких фракций углеводородов (по разным данным 2 - 10 %).

Плюсом установок ККР является регулирование мощности установки и холодопроизводительности, в зависимости от объёма ПВС углеводородов, поступающей в установку и температуры окружающей среды.



- 1 – теплообменник-конденсатор; 2 – холодильная машина; 3 – резервуар;
 4 – ёмкость приёма и накопления конденсата; 5 – насос откачки конденсата;
 6 – воздушный эжектор; 7 – труба рассеивания; 8 – вентилятор подачи воздуха на эжектор;
 9 – датчик давления; 10 – клапан запорный с электроприводом; 11 – управление регуляторами.

Рисунок 2 – Схема работы регенерационной установки:

К общим плюсам использования установок рекуперации можно отнести следующие:

- улавливание выбросов ПВС и их возврат с эффективностью рекуперации до 75÷99 %;
- безопасность процессов;
- выброс вредных/загрязняющих веществ находится на уровне допустимого для конкретного производства;
- вещества или жидкость, применяемые в различных методах рекуперации, не токсичны и не пожаровзрывоопасны;
- изготавливается в модульном виде, монтаж оборудования не требует большого объёма сварочных и строительных работ;
- малое потребление электроэнергии (меньше 0,09 кВт/ч на 1 м³ обрабатываемой ПВС);
- установка рекуперации минимально нуждается в обслуживании операторами;
- срок эксплуатации в стандартных условиях не меньше 10-ти лет;
- быстрая окупаемость за счёт использования возврата рекуперированного продукта в технологический процесс;
- продуктом в холодильном цикле выступает фреон R507.

В качестве примера рассмотрим случай использования установки рекуперации ККР-800 для минимизации потерь от испарений вследствие «больших дыханий» нефтепродукта в РВС-5000. Согласно методике расчёта «Типовые расчёты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов» Тугунова, общий объём потерь нефтепродукта за одну операцию налива/опорожнения составит 1643,2 кг [6, 7]. Расчёт потерь взят приблизительный, так как на величину потерь влияют следующие факторы:

- физико-химический состав продукта;
- высота разлива;
- максимальная и минимальная температура окружающего воздуха;
- характеристики дыхательных клапанов давления и вакуума на резервуаре;
- скорость закачки и откачки продукта из резервуара;
- наличие других мероприятий по минимизации потерь;
- оборачиваемость резервуара и т.п.

Далее произведём небольшой экономический расчёт эффективности использования установки. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Показатель	Единица измерения	Значение
Масса испарений за одну операцию слива/налива, M_1	тонн	1,6432
Оборачиваемость резервуара за год, n	–	180
Степень улавливания паров, η	%	99
Стоимость установки, P	Млн. руб.	65
Средняя стоимость 1 т. автобензина АИ-95(К5) [8, 9], p	руб	60000
Потребляемая мощность, N	кВт/ч	180
Себестоимость 1 кВт/ч, j	руб	4,5
Время работы установки, t	ч	6

В ходе операций слива/налива в резервуаре происходит постоянное испарение лёгких фракций углеводородов. Ранее было рассчитано количество углеводородов, испарившихся в атмосферу за одну операцию. Количество операций в год принято из условия «одна операция в два дня».

Потери нефтепродукта от испарений за год:

$$M_2 = M_1 \cdot n, \quad (1)$$

$$M_2 = 1,6432 \cdot 180 = 295,77 \text{ тонн.}$$

Таблица 2 – Технологические потери нефтепродукта

Потери от испарений, тонн	
За одну операцию, M_1	За год, M_2
1,6432	295,77

С точки зрения экономики потери нефтепродукта будут следующими:

$$S_1 = M_2 \cdot p, \text{ руб} \quad (2)$$

$$S_1 = 295,77 \cdot 60000 = 17746200 \text{ руб.}$$

$$S_2 = M_2 \cdot p \cdot (1 - \eta), \text{ руб} \quad (3)$$

$$S_2 = 295,77 \cdot 60000 \cdot (1 - 0,99) = 177462 \text{ руб.}$$

$$S_3 = S_1 - S_2, \text{ руб} \quad (4)$$

$$S_3 = 17746200 - 177462 = 17568738 \text{ руб.}$$

Таблица 3 – Финансовые потери нефтепродукта

Годовая убыль за выброс лёгких углеводородов, руб.	
До внедрения ККР-800, S_1	После внедрения ККР-800, S_2
17746200	177462
Экономия, S_3 : 17568738 руб.	

Большинство производств получает питание либо от районных ПС энергосистемы, либо от специальных подстанций, называемых ГПП, либо от генераторов энергии, работающих на попутном нефтяном или природном газе.

Затраты электроэнергии на работу установки:

$$E_1 = j \cdot t \cdot N, \text{ руб} \quad (5)$$

$$E_1 = 4,5 \cdot 6 \cdot 180 = 4860 \text{ руб.}$$

$$E_2 = E_1 \cdot n, \text{ руб} \quad (6)$$

$$E_2 = 4860 \cdot 180 = 874800 \text{ руб.}$$

Таблица 4 – Расходы на электроэнергию для работы установки

Затраты на электроэнергию, руб.	
За одну операцию слива/налива, E_1	За один год, E_2
4860	874800

Итоговая выгода от использования установки:

$$W = S_3 - E_2, \text{ руб} \quad (7)$$

$$= 17568738 - 874800 = 16693936 \text{ руб.}$$

Вывод: в ходе технико-экономических расчётов было показано, что годовой экономический эффект при работе ККР-800 на предприятии составит 16,69 млн. рублей. В данном случае использование ККР-800 считается эффективным не только с экологической точки зрения (установка не имеет вторичных отходов, в качестве хладагента используется фреон R507 который не оказывает пагубное воздействие на озоновый слой, т. к. не содержит в своём составе хлор), но и с экономической: установка окупает себя менее чем за 4 года.

Библиографический список:

1. Данилов, В. Ф. К вопросу о решении проблемы потерь нефтепродуктов от испарения / В. Ф. Данилов, В. Ю. Шурыгин. – Текст: непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 141-145.
2. Абузова Ф. Ф., И. С. Бронштейн и др. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении // М.: недра. – 1981. – Т. 260. – С. 6;
3. Н.Н. Константинов. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. М.: 1961. – 260 с;
4. Сальников А.А. Потери нефти и нефтепродуктов при хранении / Учебное издание. – Ухта: УГТУ, 2012. – 56-78 с;
5. Установки рекуперации паров бензина и нефтепродуктов от ООО «ГазСпецТехника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gazst.ru/index.html>;
6. П.И. Тугунов, В.Ф. Новоселов, А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. Типовые расчёты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. – 658с;
7. Коршак С.А. Совершенствование методов расчёта потерь бензинов от испарения из резервуаров типов РВС и РВСП. Диссертация к. т.н. 25.00.19. – М.: РГБ, 2003;
8. Бензин АИ-95 купить в РОССИИ оптом от производителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pulscen.ru/price/040108-benzin/f:31524_ai-95;
9. Бензин оптом. Купить бензин оптом. Бензин с доставкой цена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gsmoptom.ru/toplivo/benzin-optom/>.

Анализ технологий оттаивания мерзлого грунта при капитальном ремонте магистрального трубопровода

Лапин Н.С.

Научный руководитель – Терентьева М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Промерзание грунтов в зимнее время сопровождается значительным возрастанием их механической прочности. Если проводить земляные работы без предварительного оттаивания грунта есть вероятность механического повреждения магистрального трубопровода. Снижение вероятности повреждения магистральных трубопроводов и сохранении его в рабочем состоянии актуально на сегодняшний день. Поэтому важно провести анализ технологий оттаивания мерзлого грунта при капитальном ремонте трубопровода.

Целью данного исследования является повышение эффективности методов оттаивания грунта, при капитальном ремонте магистральных трубопроводов, путем выбора оптимальных и научно-обоснованных технологий оттаивания в условиях низких отрицательных температур.



Рисунок 1 – Карта распространения вечной мерзлоты

Мерзлый грунт – грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующийся криогенными структурными связями. [1] Вода при замерзании грунта увеличивается в объеме и является связующим компонентом в структуре мерзлого грунта. Разработка мерзлого грунта является трудоёмкой и сложной в связи с тем, что возрастает его механическая прочность.

Капитальный ремонт магистрального нефтепровода – это комплекс технических мероприятий, направленных на полное или частичное восстановление линейной части эксплуатируемого нефтепровода до проектных характеристик с учетом требований действующих нормативных документов. [2]

Капитальный ремонт делится на несколько видов:

1. Ремонт с заменой труб.
2. Ремонт с заменой изоляционного покрытия.
3. Выборочный ремонт.

Методы выемки грунта в зимнее время:

1. Предохранение грунта от промерзания и последующей разработкой обычными методами.
2. Разработка грунта в мерзлом состоянии с предварительным рыхлением.
3. Непосредственная разработка мерзлого грунта.
4. Оттаивание грунта и его разработка в талом состоянии.

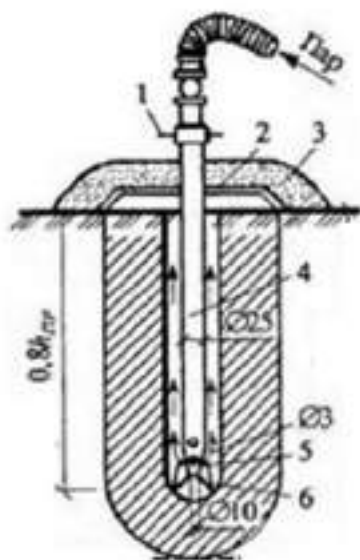
Невозможно предохранить от промерзания (вспахивание или укрытие теплоизоляционными материалами) весь участок магистрального трубопровода. Непосредственная разработка или предварительное рыхление (взрыв) невозможно по причине вероятного повреждения трубопровода. Таким образом, единственным вариантом безопасной выемки мёрзлого грунта остаётся его предварительное оттаивание.

Способы оттаивания мерзлого грунта применимые при капитальном ремонте трубопроводов:

1. Прогрев грунта паровыми или водяными иглами.
2. Прогрев грунта электродами.
3. Прогрев грунта термоэлектроматами
4. Подогрев грунта гидравлическими станциями.

Рассмотрим каждый способ по отдельности.

Паровое оттаивание основано на впуске пара в грунт, для чего применяют специальные технические средства – паровые иглы, представляющие собой металлическую трубу длиной до 2 м, диаметром 25...50 мм. На нижнюю часть трубы насажен наконечник с отверстиями диаметром 2...3 мм. Иглы соединяют с паропроводом гибкими резиновыми шлангами с кранами. Иглы заглубляют в скважины, предварительно пробуриваемые на глубину, равную 70% глубины оттаивания. Скважины закрывают защитными колпаками, снабженными сальниками для пропуска паровой иглы. После установки аккумулярованных колпаков прогреваемую поверхность покрывают слоем термоизолирующего материала (например, опилок). Иглы располагают в шахматном порядке с расстоянием между центрами 1...1,5 м. Расход пара на 1 м³ грунта составляет 50...100 кг. Ориентировочные электрозатраты на прогрев теплоносителей 120 кВт/час на м³.



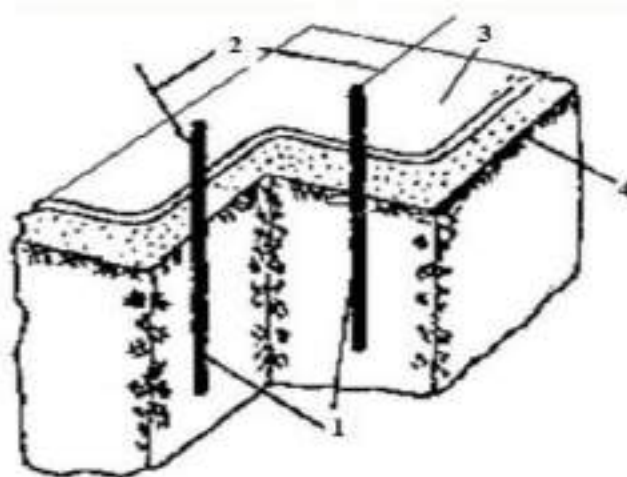
- 1 – рукоятки паровой иглы; 2 – сборный колпак;
- 3 – опилки; 4 – паровая игла;
- 5 – перфорированный наконечник; 6 – резцы

Рисунок 2 – Схема паровой иглы

Издержками данного метода является необходимость подготовительных работ (шурфы, расстановка паровых игл), необходимость источника пара - и даже в случае передвижной паровой установки опасное промышленный объект (T более $115\text{ }^{\circ}\text{C}$), наличие конденсата (скапливается и замерзает в период проведения работ на прилегающих территориях, при стандартной площадке 16 м^2 количество конденсата $400 - 800\text{ л}$), парения в месте производства работ, необходимость постоянного тщательное наблюдение за работой установки. Большой расход энергии при работах на глубине до $0,7\text{ м}$ вследствие больших теплопотерь.

Способ оттаивания электродами подразумевает забивку их в грунт в шахматном порядке на глубину $20...25\text{ см}$, а по мере оттаивания верхних слоев грунта погружают на большую глубину. При оттаивании сверху вниз необходимо систематически убирать снег и устраивать опилочную засыпку, увлажненную соевым раствором. Режим прогрева при стержневых электродах такой же, как и при полосовых, причем во время отключения электроэнергии электроды следует последовательно заглублять по мере прогрева грунта до $1,3...1,5\text{ м}$. После отключения электроэнергии в течение $1...2$ дней глубина оттаивания продолжает увеличиваться за счет аккумулированной в грунте теплоты под защитой опилочного слоя. Расход энергии при этом способе несколько ниже, чем при способе горизонтальных электродов.

Расход электроэнергии приданных способах размораживания составляет от 42 до 60 кВт/ч на 1 м^3 мороженого грунта при длительности отогрева от 24 до 30 ч . Работы по размораживанию грунта электрическим током должны производиться под надзором квалифицированного персонала, ответственного за соблюдение режима отогрева, обеспечения безопасности работ и исправности оборудования. Указанные требования и сложности их выполнения, естественно, ограничивают возможности применения этого способа.



1 – Вертикальные электроды; 2 – Монтажные провода; 3 – Верхнее утепление;
4 – Опилки

Рисунок 3 – Схема прогрева электродами

При использовании данного способа нужно принять во внимание возможность поражения электрическим током. Необходимость организации электроснабжения (стационарными или передвижными источниками, исходя из средней площади прогрева 16 м^2 до 180 кВт/ч). Необходимость подготовительных работ (сборка установки, утепление, а в случае вертикальных - бурение шурфов). Постоянный и тщательный контроль работы устройства. Продолжительность периода оттаивания на необходимую глубину – от 24 до 30 ч . Преимущества: простота в изготовлении (при наличии источника питания).

Технология применения термоматов для размораживания грунтов основана на действии инфракрасного излучения. В качестве греющего элемента в термоматах используется греющая

инфракрасная термоплёнка, поэтому прогрев происходит одновременно сразу на всю глубину промерзания (использование проникающих свойств инфракрасной энергии) плюс контактной передачей тепла от поверхности термомата.

Термоматы для прогрева грунта - это полностью готовое устройство, имеющее нагреватель, теплоизоляцию, датчики регулировки температуры и грязе-водонепроницаемую оболочку. Стандартные размеры термомата 1,2*3,2 м, мощностью 800 Вт/м².



Рисунок 4 – Термоэлектроматы

Практика показывает, что для прогрева грунта на глубину 80 см необходимо от 20 до 32 часов. К недостаткам метода размораживания грунтов термоматами можно отнести необходимость обеспечения их электропитания, необходимость нахождения в месте производства работ наблюдающего-оператора. К преимуществам применения термоматов для прогрева грунта можно отнести низкую стоимость (2500 руб/м²), простота настройки и обслуживания, низкое энергопотребление – 8 кВт/час на стандартную площадь 16 м².

Технология размораживания грунтов гидравлическими станциями основана на передаче тепла от нагреваемого установкой жидкого теплоносителя через раскатываемые гибкие нагревательные рукава непосредственно на поверхность грунта. Нагрев теплоносителя производится внутри установки горелкой. Максимальная температура нагрева теплоносителя в данных установках (в зависимости от производителя) находится в пределах 75 °С – 90°С. Установки оборудуются довольно большим количеством гибких рукавов, которые позволяют размораживать одновременно площадки размером до 400 м². Безостановочная эксплуатация данных установок возможно в течении 5 суток. Средняя скорость размораживания грунтов с применением данных установок составляет 60 см/сутки. Однако при более плотной укладке нагревательных рукавов и их тщательной теплоизоляции возможно сокращение сроков размораживания грунтов. Преимуществами данных установок является простота в обслуживании, безопасность и стабильность результатов при производстве работ, возможно при необходимости размораживать значительные площади мерзлого грунта. К недостаткам можно отнести высокую стоимость установки в 4 млн. руб.

Подводя итог первичного анализа можно сделать вывод о том, что способ оттаивания паровых игл устарел и слишком энергозатратен, а способ электродов из за возможности поражения рабочих током требует серьёзных работ по технике безопасности. Способы термоматов и гидравлической станции эффективны и выбор между ними зависит от технической базы организации. Далее следует провести технико-экономическое сравнение и выделить наиболее дешёвый из способов.



Рисунок 4 – Гидравлическая станция

Таблица 1 – Сравнение методов оттаивания мерзлого грунта

Характеристики	Электроды	Паровые иглы	Термоматы	Гидравлические станции
Эффективная глубина оттаивания	Любая, поэтапное углубление	1,5-1,7 м	1,2 м	1 м
Энергозатраты	60 кВт/час на м ³	120 кВт/час на м ³	8-10 кВт/час на м ³	6,8 л/ч (дизель)
Подготовительные работы	3 ч	8 ч	20 мин	1-2 ч
Необходимость в операторе	да	да	да	да
Опасность удара током	да	нет	нет	нет
Длительность прогрева грунта 1 м	24-30 ч	50 ч	20-32 ч	32-40 ч
Площадь прогрева	Ограничено количеством электродов	Ограничено количеством паровых игл и станций	3,3 м ² на штуку	600 м ² на штуку

Библиографический список:

1. Свод правил. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
2. Руководящий документ: РД 39-00147105-015-98. Правила капитального ремонта магистральных нефтепроводов.
3. Бородавкин П. П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве: Учебник для вузов. – 2 изд. – М.: Недра, 1986. – 224 с.
4. Температура воздуха / География: [Электронный ресурс] – Режим доступа к стр.: [Температура воздуха \(geographyofrussia.com\)](http://geographyofrussia.com) (Дата обращения 01.12.2021.)

Анализ нормативной документации, регламентирующий порядок, способы и критерии оценки технического состояния магистральных газонефтепроводов

Григорьев С.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Разработка методики диагностирования и ранжирования по приоритетности вывода в ремонт участков трубопроводов, не подготовленных к внутритрубной дефектоскопии.

Актуальность темы:

На сегодняшний день часть эксплуатируемых магистральных газонефтепроводов (ГНП) не подготовлена к проведению внутритрубной дефектоскопии. Для таких участков ГНП необходимо проведение наземного обследования, например, магнитометрического и электрометрического, а также проведение приборного обследования неразрушающими методами контроля в шурфах, что приводит к значительным трудозатратам и высокой стоимости работ. Отсутствие методики и обоснования приоритетности вывода в ремонт таких участков приводит к нерациональному расходованию средств в тех случаях, когда к ремонту назначаются объекты с удовлетворительным техническим состоянием. Помимо этого, сохраняется возможность не включения в перечень объектов, назначенных к капитальному ремонту труднодоступных участков ГНП, состояние которых неудовлетворительно, вследствие чего возникают недопустимые риски при эксплуатации. Кроме того, не учитываются возможности новых технических средств для проведения наземных обследований, созданных на современной элементной базе и позволяющих наряду с определением качества изоляционного покрытия газопровода одновременно проводить и интегральную оценку технического состояния металла трубопровода.

Цель работы:

Оптимизация организации и повышение эффективности проведения диагностических обследований участков газонефтепроводов, не подготовленных к внутритрубной дефектоскопии, путем совершенствования методики оценки технического состояния и формирования планов по проведению ремонтных работ на линейной части магистральных газонефтепроводов.

Задачи исследования:

1. Современные методы и средства технического диагностирования участков трубопроводов, не подготовленных к внутритрубной дефектоскопии;
2. Технология контроля технического состояния магистральных трубопроводов геофизическими методами магнитометрии;
3. Совершенствование алгоритма выбора методов и средств диагностирования участков газопроводов, не подготовленных к внутритрубной дефектоскопии

Данный отчет содержит результаты анализа современных методов и средств технического диагностирования участков трубопроводов, не подготовленных к внутритрубной дефектоскопии.

Для оценки технического состояния структурных элементов ЛЧ МГ используют различные способы, виды и методы диагностирования, позволяющие получить наиболее полное представление о состоянии объекта диагностирования. При выборе способа, вида и метода диагностирования учитывают следующие факторы:

- категорию трубопровода;
- срок эксплуатации трубопровода;
- конструкционные особенности трубопровода;
- наличие нарушений охранных зон прохождения трубопровода;
- наличие структурных элементов ЛЧ МГ, относящихся к потенциально опасным и особо ответственным и сложным для диагностирования.

Способы диагностирования структурных элементов ЛЧ МГ классифицируют следующим образом:

- внутритрубная диагностика с использованием внутритрубных дефектоскопов и профиломеров, роботов-дефектоскопов и оптико-волоконных средств;
- электрометрическое обследование с применением специального оборудования и приборов;
- наземные обследования с применением транспортных средств, пеших обходов, экскавации трубопроводов (шурфование), специальных обследований;
- обследование трубопроводов с применением летательных и космических аппаратов, в том числе спутниковых систем;
- обследование подводных переходов с использованием плавательных средств;
- водолазное обследование подводных переходов трубопроводов;
- испытание трубопроводов (участков трубопроводов) гидравлическими или пневматическими способами изменения внутреннего давления;
- лабораторные исследования свойств материалов, сварных соединений, изоляционных покрытий и др., которые проводят на образцах из труб, полученных при отказах, проведении ремонтных работ, а также в тех случаях, когда это предусмотрено технологией проведения диагностических работ.

Для контроля технического состояния ЛЧ МГ применяют следующие методы: акустические по ГОСТ 20415, магнитные по ГОСТ 21105, ГОСТ 21104, ГОСТ 25225 и ВРД 39-1.011-27-2001 оптические по ГОСТ 23479, электромагнитные (вихревых токов) по ГОСТ 24289, внутритрубные по РД 51-2-97 [1], электрометрические по СТО РД Газпром 39-1.10-088, радиографические по ГОСТ 7512, тензометрирование, аэрокосмические, геодезические (геодезическое позиционирование), радиолокационные с применением георадаров и др.

Акустические методы контроля включают:

- ультразвуковой контроль по ГОСТ 14782 и ГОСТ 23667;
- метод акустической эмиссии (пассивный метод) по ГОСТ 27655 и ПБ 03-593-03 [2];
- ультразвуковую толщинометрию по ГОСТ 28702;
- эхолотирование по РД 51-3-96 [3];
- гидролокацию по РД 51-3-96 [3].

Ультразвуковой контроль – эхо-импульсный, теневой, зеркально-теневой и эхо-теневой применяют для обнаружения различных дефектов стенки трубопровода, как поверхностных, так и внутренних.

Метод акустической эмиссии используют для обследования и мониторинга технического состояния структурных элементов ЛЧ МГ. Метод акустической эмиссии в соответствии с ПБ 03-593-03 [2] применяют для обнаружения развивающихся усталостных и стресс-коррозионных трещин, несплошностей, смещения кромок, подрезов, расслоений, шлаковых включений, утечек газа и др.

Фононный метод применяют для контроля развивающихся дефектов.

Ультразвуковую толщинометрию на структурных элементах ЛЧ МГ проводят для определения фактической толщины стенки трубопровода.

Метод эхолотирования применяют для определения глубины водоема в русловой части, составления карты рельефа дна и выявления интервалов возможного оголения и провиса подводных трубопроводов.

Гидролокацию бокового и секторного обзора проводят при обследовании подводных переходов для выявления интервалов возможного оголения и провиса трубопроводов в русловой части.

Акустическую тензометрию используют для определения НДС структурных элементов ЛЧ МГ.

Магнитные методы контроля ЛЧ МГ включают следующие разновидности: магнитопорошковый, магнитографический, магнитоферрозондовый, индукционный, магнитной памяти металла и бесконтактную магнитометрическую диагностику.

Магнитопорошковую дефектоскопию проводят для обнаружения как локальных, так и распределенных поверхностных и подповерхностных дефектов.

Магнитоферрозондовый, магнитографический и индукционный методы контроля используют для индикации дефектов в намагниченном объекте контроля, включая индикацию дефектов в сварных швах.

Метод магнитной памяти фиксирует магнитные аномалии на объекте контроля. Применение метода магнитной памяти металла регламентирует ГОСТ Р 52005.

Бесконтактную магнитометрическую диагностику проводят для обследования технического состояния ЛЧ МГ с целью выявления наиболее напряженных и предрасположенных к повреждениям зон. Обследование бесконтактным магнитометрическим методом проводят в соответствии с РД 102-008-2002 [4].

Оптический метод применяют для обнаружения поверхностных дефектов различных типов: трещин, механических и коррозионных повреждений, нарушений сплошности защитных покрытий, течей.

Внутритрубную дефектоскопию проводят по РД-51-2-97 [1] для обнаружения следующих дефектов: вмятин, гофр, сплющивания, складок металла, овальности, коррозии, эрозии, нарушения сплошности металла трубы и сварных швов, усталостных и стресс-коррозионных трещин и др.

Электрометрический метод применяют для определения состояния изоляционного покрытия: определяется сопротивление изоляционного покрытия, места нарушения его сплошности, изменения физико-механических свойств.

Радиографический метод применяют для НК сварных швов газопроводов, для обнаружения металлургических дефектов в стенке трубы, дефектов сварки и коррозионных повреждений.

Для оценки НДС и эксплуатационных параметров газопровода (внутреннего давления и температуры) применяют средства мониторинга НДС участка МГ, такие как интеллектуальные вставки, ультразвуковые системы, струнные датчики и др.

Результаты геодезического позиционирования используют для создания цифровых векторных карт различных масштабов вдоль МГ, а также для оценки НДС.

Аэрокосмические методы в соответствии с рекомендациями [5] используют для получения информации о процессах взаимодействия МГ с окружающей средой на больших территориях в контрольных точках, а также по всей трассе МГ. Для диагностирования ЛЧ МГ применяют фотографическое, в том числе многозональное, нефотографическое (тепловая инфракрасная, микроволновая, сканерная, телевизионная, лазерная, радиолокационная съемка) и аэровизуальное обследование.

Информацию, получаемую аэрокосмическими методами, используют:

- для оценки технического состояния МГ по материалам повторных аэрофотосъемок трасс;
- прогнозирования процессов разрушения обвалования и обнажения газопроводов для выработки рекомендаций по ремонту;
- оценки степени устойчивости ландшафтов к техногенным воздействиям при строительстве и эксплуатации газопроводов;
- оценки влияния природной среды на состояние МГ;
- создания карт оценки местности по природно-техническим условиям эксплуатации.

Для обнаружения на трассе газопровода пустот, грунтовых вод, ледяных линз, подземных водотоков и определения уровня обводненности и расстояния от верхней образующей трубы до дневной поверхности земли используют радиолокацию с применением георадаров.

Системный подход к техническому диагностированию линейной части магистральных газопроводов.

Диагностическое обслуживание МГ на этапе эксплуатации в соответствии с рисунком 1 представляет взаимосвязанную систему трех компонентов: информационно-организационного (управление системой диагностического обслуживания, планирование и исполнение технического диагностирования МГ, информационное обеспечение), нормативно-методического (нормативное и методическое обеспечение технического диагностирования и

оценки технического состояния МГ), и технической части (совокупность различных методов, способов, видов и средств НК, применяемых для контроля технического состояния МГ).

Техническое диагностирование (обследование) ЛЧ МГ разделяют на функциональное (плановое), специальное и тестовое диагностирование.

Комплекс диагностических работ, выполняемых при функциональном диагностировании, в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2, включает: обнаружение на внутренних и наружных поверхностях труб, включая сварные швы, нарушений сплошности металла (прожог, расслоение, неметаллическое включение, раковина, усталостная и стресс-коррозионная трещины, коррозионная язва, задира, канавка, царапина, плена, рванина, непровар), а также вмятин, гофр, смещений кромок и пр.;

- измерение (определение) геометрических параметров дефектов;
- выявление утечек газа;
- выявление нарушений ВРД 39-1.10-006-2000* [6] и охранных зон МГ, определяемых по СНиП 2.05.06.-85* [7];
- обследование состояния средств ЭХЗ и их эффективности в соответствии с ГОСТ Р 51164;
- измерение механических напряжений (деформаций) и перемещений в соответствии с методическими рекомендациями [8] участков газопроводов, находящихся в непроектном положении;
- обследование состояния трубопроводной арматуры в соответствии с методическими указаниями [9];
- определение технического состояния подводных переходов в соответствии с РД 51-3-96 [3], переходов через автомобильные и железные дороги в соответствии с инструкцией [10] и других структурных элементов ЛЧ МГ;
- определение состояния изоляционного покрытия и глубины заложения трубопровода;
- определение возможностей прохождения очистных или измерительных внутритрубных снарядов и диагностических устройств;
- измерение толщины стенок труб и твердости металла;
- определение дефектов геометрии трубопровода;
- оценку состояния опор, креплений и других конструктивных элементов надземных переходов;
- оценку состояния узлов приема и запуска очистных устройств;
- наблюдение за динамикой условий эксплуатации, включая замеры давления, температуры продукта и окружающей среды.

Специальные обследования включают: определение уровня грунтовых вод, ореолов оттаивания и промерзания грунта в полосе отвода и вокруг газопроводов, концентрации водородных ионов рН, внешних нагрузок и воздействий, фиксацию перемещений грунтов, окружающих газопроводы и на прилегающих территориях, и изменения других условий эксплуатации, а также экологической ситуации в зоне, окружающей контролируемые объекты.

Тестовое диагностирование объектов осуществляют при специально создаваемых контрольных нагрузках и воздействиях, отличающихся от эксплуатационных по величине и времени воздействия.

Техническое диагностирование ЛЧ МГ Эксплуатирующие организации планируют с учетом предварительно выявленных потенциально опасных и особо ответственных и сложных для технического диагностирования структурных элементов ЛЧ МГ.

К потенциально опасным структурным элементам МГ относят участки МГ, характеризующиеся следующими признаками:

- участки примыкания к КС со стороны высокого давления;
- участки, расположенные на льдистых, вечномёрзлых, слабонесущих грунтах;
- участки, расположенные на обводненных территориях (болота, поймы рек, ручьи, водотоки и др.);
- участки, проложенные в сейсмических районах;

- участки с опасными эндогенными и экзогенными процессами (оползень, пересеченная местность, тектонический разлом, карстообразование, эрозия и т.д.);
- участки со сложными геокриологическими условиями, на которых ожидаются пучение или осадка грунтов;
- участки, на которых имели место аварии, отказы и инциденты и прилегающие к ним участки;
- участки, на которых имеются отклонения от проектных решений;
- участки на которых значение защитного потенциала не соответствует ГОСТ Р 51164;
- участки, пересекаемые ЛЭП или близко к ним расположенные;
- участки, склонные к стресс-коррозии.

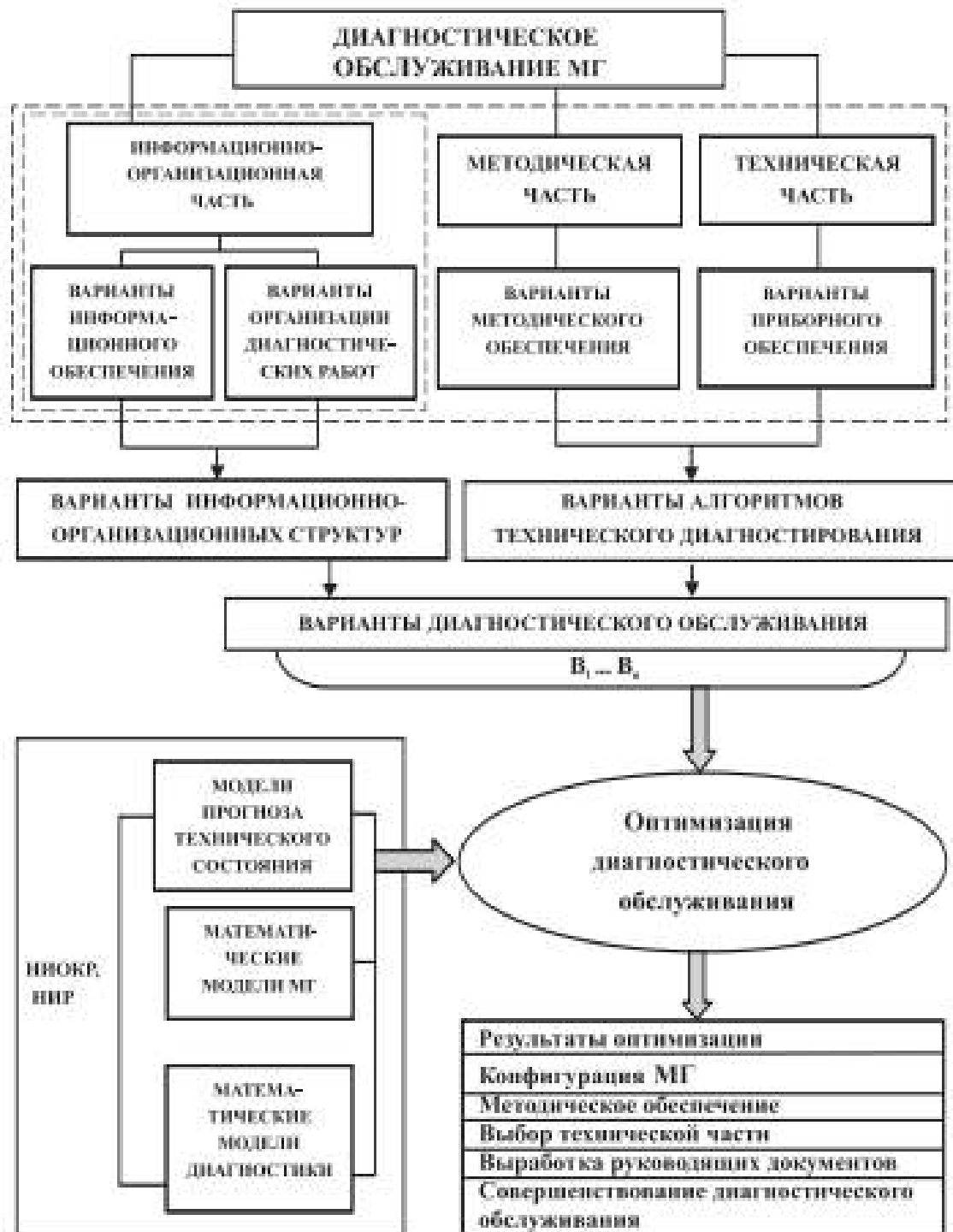


Рисунок 1 – Системный подход к организации диагностического обслуживания магистральных газопроводов

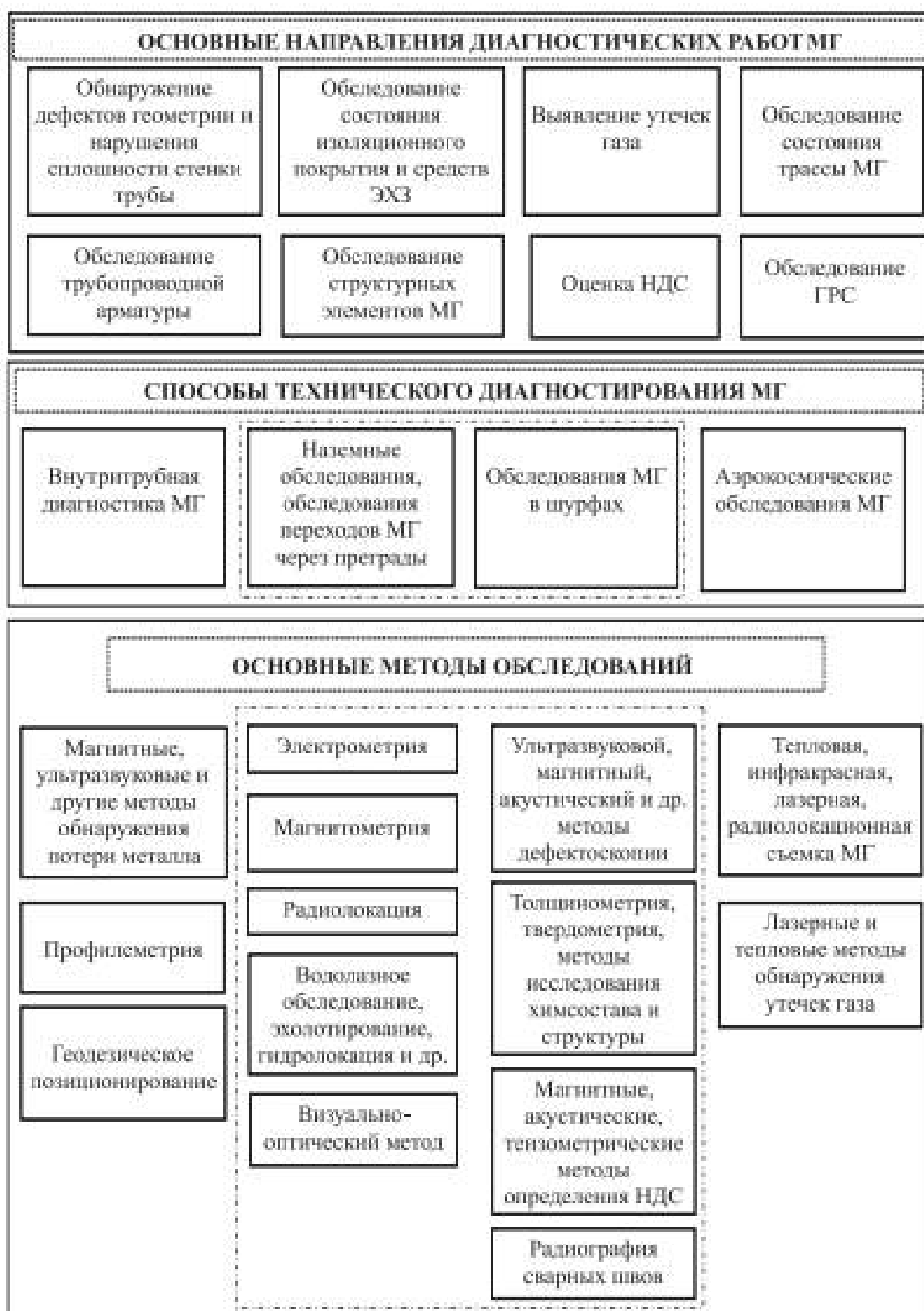


Рисунок 2 – Структурная схема комплекса диагностических работ на МГ

К особо ответственному и сложному для диагностирования структурным элементам ЛЧ МГ относят:

- участки, имеющие сложную конфигурацию в горизонтальной или вертикальной плоскости либо в обеих плоскостях одновременно;
- участки с высокой интенсивностью балластировки;

- участки пересечений МГ;
- подводные переходы;
- вантовые переходы;
- переходы через автомобильные и железные дороги;
- трубопроводную арматуру;
- участки ЛЧ МГ, прилегающие к камерам приема-запуска очистных устройств и компенсаторам.

Техническое диагностирование ЛЧ МГ эксплуатирующие организации проводят в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.

Для учета конструктивных особенностей и условий эксплуатации, а также видов дефектов при составлении алгоритма диагностирования Эксплуатирующие организации формируют перечень структурных элементов ЛЧ МГ в соответствии с рисунком 4 и перечень характерных дефектов, отклонений от проектных решений, нарушений охранных зон в соответствии с рисунком 5. Комплекс взаимодополняющих методов диагностирования структурных элементов ЛЧ МГ разрабатывают с учетом перечня характерных дефектов, отклонений от проектных решений, нарушений охранных зон в соответствии с СНиП 2.05.06.-85* [7] и правил эксплуатации ВРД 39-1.10-006-2000* [6].

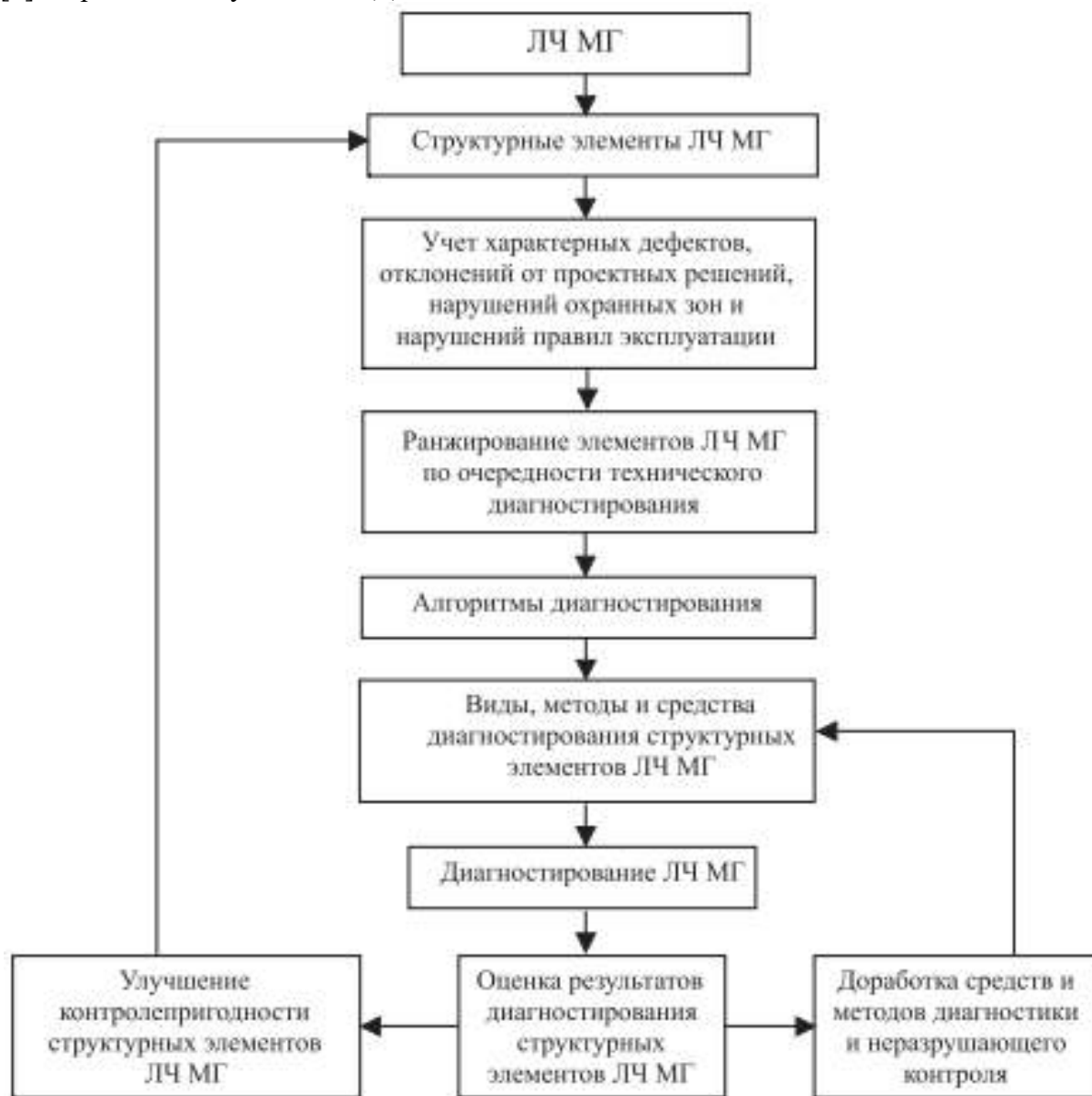


Рисунок 3 – Схема технического диагностирования ЛЧ МГ

На основании перечня структурных элементов ЛЧ МГ и перечня обнаруженных ранее характерных дефектов, отклонений от проектных решений, нарушений охранных зон и т.п. Эксплуатирующая организация ранжирует структурные элементы ЛЧ МГ по очередности технического диагностирования в соответствии с критериями настоящего стандарта.

Эксплуатирующая организация проводит работы по обеспечению диагностирования ЛЧ МГ:

- проводит подготовку участков ЛЧ МГ к проведению ВТД;
- устанавливает постоянные маркеры по трассе с привязкой к системе спутниковой навигации, в том числе на потенциально опасных, особо ответственных участках и сложных структурных элементах;
- производит расчистку полосы газопровода и обеспечивает подъезды к трассе;
- обеспечивает установку и сохранность КИП и т.п.

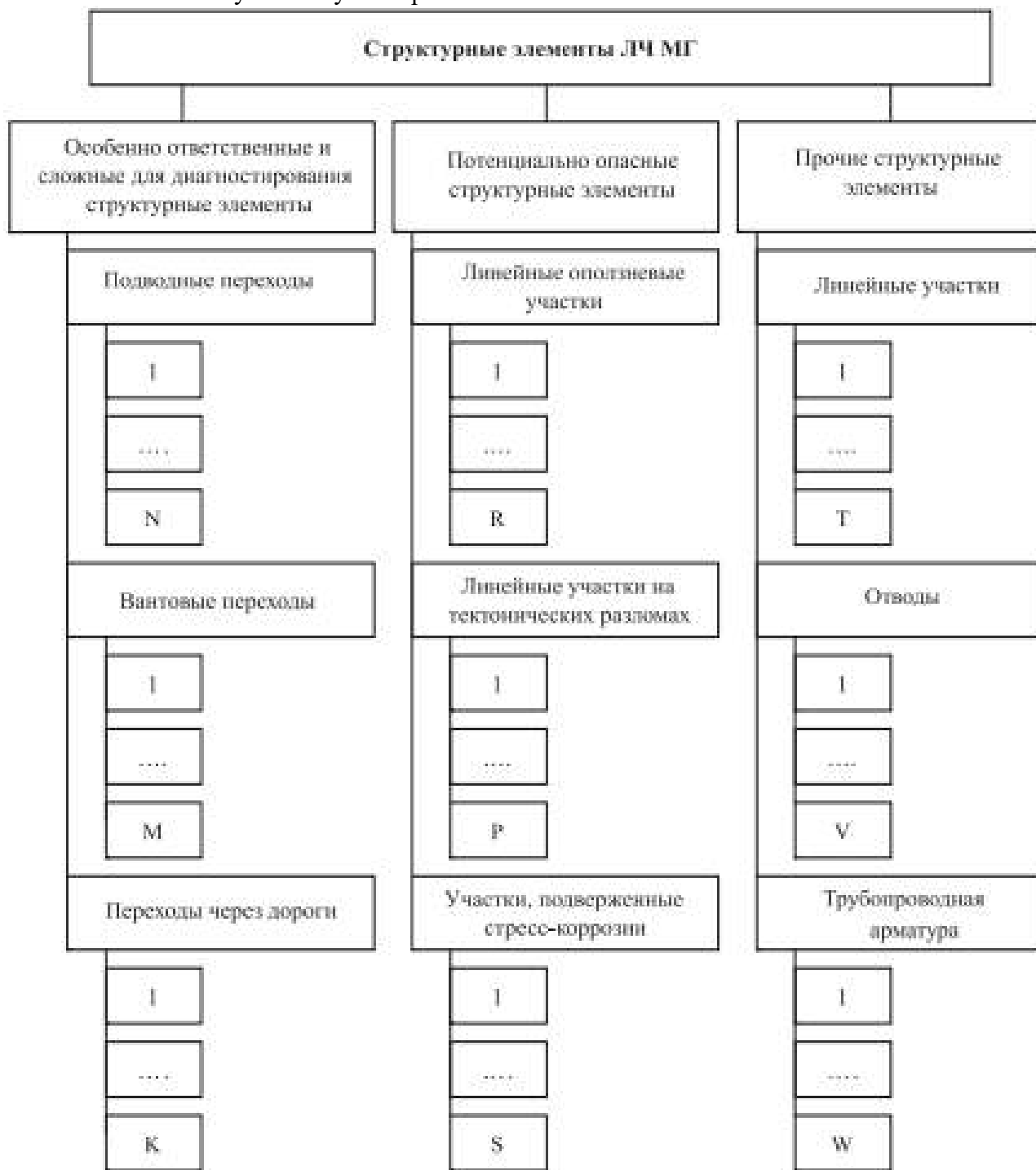


Рисунок 4 – Схема формирования структурных элементов ЛЧ МГ

В алгоритмах диагностирования структурных элементов ЛЧ МГ, не подготовленных к ВТД, в соответствии со схемой диагностического обслуживания, представленной на рисунке 2, предусматривают проведение наиболее информативных методов обследования – электрометрических обследований в соответствии с СТО РД Газпром 39-1.10-088, а также магнитометрических обследований в соответствии с РД 102-008-2002 [4].

Для структурных элементов ЛЧ МГ, подготовленных к ВТД, алгоритм диагностирования предусматривает проведение ВТД, а другие виды и методы диагностики в соответствии со схемой диагностического обслуживания, представленной на рисунке 2, применяют с целью выявления дефектов, отклонений и нарушений, не выявляемых ВТД.

По результатам ВТД, электрометрических обследований, обследований с поверхности земли, обследований на наличие дефектов стресс-коррозии по факторам, способствующим образованию и росту дефектов стресс-коррозии, аэрокосмических обследований и др. обследований Специализированные организации определяют места для инструментального обследования в шурфах. Эксплуатирующие организации проводят инструментальное обследование в шурфах для подтверждения наличия дефектов, а также установления их размеров с целью оценки погрешностей результатов определения размеров дефектов в предыдущих обследованиях.

С учетом специфики структурных элементов алгоритм диагностирования ЛЧ МГ может быть расширен, например, включением постоянного мониторинга утечек газа на особо ответственных и сложных для диагностирования структурных элементах или мониторинга напряжений с применением интеллектуальных вставок на потенциально опасных структурных элементах.

При выборе мест установки интеллектуальных вставок и других средств мониторинга напряжений (деформаций) определяют наиболее нагруженные зоны потенциально опасных и особо ответственных и сложных для диагностирования структурных элементов ЛЧ МГ. Для их определения используют результаты натурной инструментальной съемки пространственного положения участка МГ с последующей оценкой НДС, расчеты общего НДС (методом конечных элементов) и данные экспериментальных измерений напряжений.

Данные о напряжениях (деформациях) в газопроводе используют:

- для оценки работоспособности и запаса прочности структурного элемента ЛЧ МГ;
- анализа эффективности защитных мероприятий на потенциально опасных структурных элементах ЛЧ МГ;
- выбора метода ремонта ЛЧ МГ. [18]

Критерий оценки технического состояния линейной части магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции.

Критерием оценки технического состояния линейного участка МГ по результатам ВТД является показатель технического состояния, характеризующий поврежденность линейного участка МГ от обнаруженных дефектов, напряжений и переменных нагрузок. Определение показателя технического состояния линейного участка МГ по результатам ВТД проводят в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 6. Показатель технического состояния линейного участка МГ определяют по показателям технического состояния труб, соединительных деталей и сварных соединений. Показатели технического состояния труб, соединительных деталей и сварных соединений отражают отдельные составляющие технического состояния (стресс-коррозионное состояние, коррозионное состояние и т.д.). [11]

$$P_{\text{втд}} = 1 - (1 - p_t) \cdot (1 - v_{\text{ш}} \cdot p_{\text{ш}}) \cdot (1 - d_{\sigma}) \cdot (1 - d_f), \quad (1.1)$$

- где
- p_t - показатель технического состояния труб и соединительных деталей;
 - $p_{\text{ш}}$ - показатель технического состояния сварных соединений;
 - d_{σ} - поврежденность линейного участка МГ от повышенного уровня напряжений;
 - d_f - поврежденность линейного участка МГ от переменных нагрузок;
 - $v_{\text{ш}}$ - весовой коэффициент, равный 0,5.

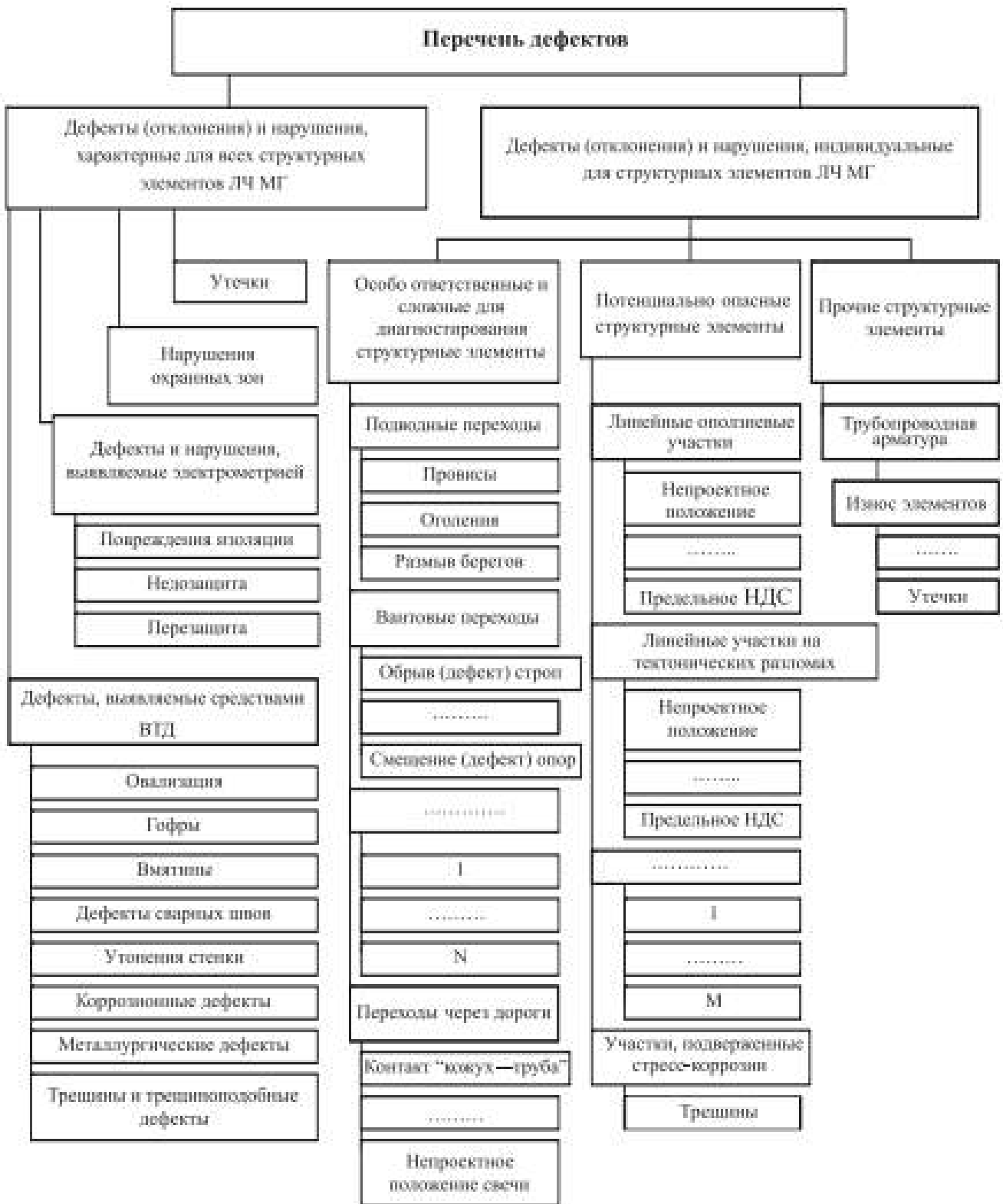


Рисунок 5 – Схема формирования перечня характерных дефектов, отклонений от проектных решений, нарушений охранных зон и нарушений правил эксплуатации МГ

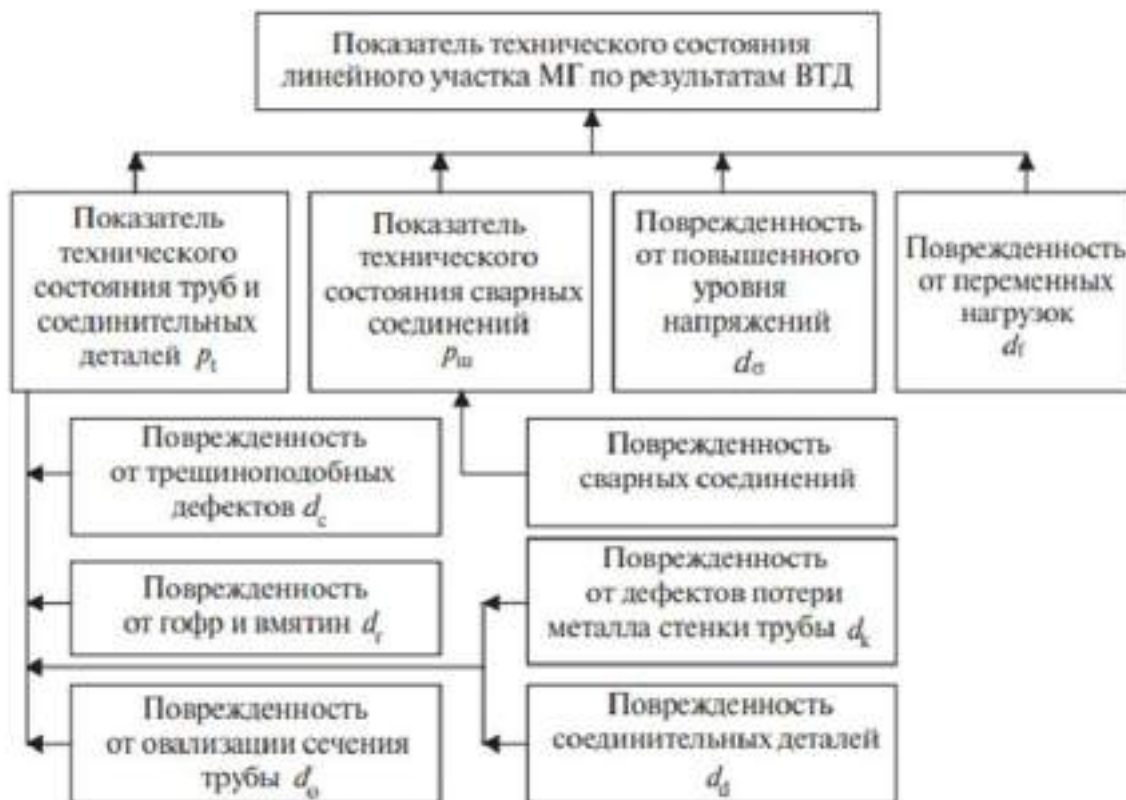


Рисунок 6 – Структурная схема определения технического состояния линейного участка МГ по результатам ВТД

Показатель технического состояния труб и соединительных деталей вычисляют по формуле:

$$p_t = 1 - (1 - d_c) \cdot (1 - d_k) \cdot (1 - d_o) \cdot (1 - d_r) \cdot (1 - d_d), \quad (1.2)$$

- где d_c - поврежденность линейного участка МГ от трещиноподобных дефектов, включая стресс-коррозионные трещины;
- d_k - поврежденность линейного участка МГ от дефектов потери металла стенки трубы (коррозии);
- d_o - поврежденность линейного участка МГ при наличии овализации сечения труб;
- d_r - поврежденность линейного участка МГ, связанная с наличием на трубах дефектов типа гофр и вмятин;
- d_d - поврежденность соединительных деталей линейного участка МГ.

Показатель технического состояния сварных соединений линейного участка МГ вычисляют по формуле:

$$p_{ш} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{шт}} d_{шт(i)}}{n_{тр}} \quad (1.3)$$

- где $n_{шт}$ - количество сварных соединений с дефектами;
- $d_{шт}$ - поврежденность поперечного сварного соединения, значение которой вычисляют по формуле:

$$d_{шт} = R_{шт} \quad (1.4)$$

- где $R_{шт}$ - ранг опасности дефекта поперечного сварного соединения.

Поврежденность линейного участка МГ от повышенного уровня напряжений вычисляют по формуле:

$$d_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\sigma}} d_{\sigma(i)}}{n_{\text{тр}}} \quad (1.5)$$

- где n_{σ} - количество труб, отобранных для вычисления показателя технического состояния линейного участка МГ;
 $d_{\text{шт}}$ - поврежденность трубы от повышенного уровня напряжений, определяющаяся по формуле:

$$d_{\sigma} = R_{\sigma} \quad (1.6)$$

- где R_{σ} - ранг опасности разрушения трубы по напряженно-деформированному состоянию.

Поврежденность линейного участка МГ за время эксплуатации от действия переменных нагрузок вычисляют по формуле:

$$d_f = d_y \cdot t_{\text{э}} \quad (1.7)$$

- где d_y - поврежденность, накопленная линейным участком МГ за год эксплуатации;
 $t_{\text{э}}$ - время эксплуатации линейного участка МГ.

Критерий оценки технического состояния линейной части магистральных газопроводов по результатам комплексного технического диагностирования

По результатам проведенного КТД комплексный показатель технического состояния газопровода по аналогии с СТО Газпром 2-2.3-292 рекомендуется определять следующим образом:

$$p = 1 - (1 - p_t) \cdot (1 - v_{\text{ш}} \cdot p_{\text{ш}}) \cdot (1 - p_{\sigma}) \cdot (1 - v_p \cdot p_p), \quad (1.8)$$

- где p_t - показатель технического состояния труб и соединительных деталей;
 $p_{\text{ш}}$ - показатель технического состояния защитного покрытия;
 p_p - поврежденность линейного участка МГ от повышенного уровня напряжений;
 v_p - весовой коэффициент, равный 0,3;
 $v_{\text{ш}}$ - весовой коэффициент, равный 0,5;
 p_{σ} - показатель непроектного положения оси трубопровода.

Показатель p_t , учитывающий техническое состояние труб и СДТ газопровода-отвода, вычисляют по формуле:

$$P_t = \frac{N_n}{N}, \quad (1.9)$$

- где N_n - количество, шт., обследованных в шурфах труб и СДТ, имеющих один из следующих признаков:

- коррозионные дефекты относительной глубиной более 20 % толщины стенки трубы ;
- стресс-коррозионные дефекты любой глубины;
- дефекты СДТ, недопустимые в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя;
- дефекты геометрии сечения (вмятины, гофры, овальность), подлежащие в соответствии с Рекомендациями [11] удалению;
- механические повреждения, подлежащие в соответствии с Рекомендациями [11] удалению

- N - общее количество обследованных в шурфах труб и СДТ.

Показатель $P_{\text{ш}}$, учитывающий состояние кольцевых сварных соединений, вычисляют по формуле:

$$P_{\text{ш}} = \frac{K_{\text{д}}}{K}, \quad (1.10)$$

- где $K_{\text{д}}$ - количество обследованных в шурфах кольцевых сварных соединений,

признанных дефектными в соответствии с СТО Газпром 2-2.4-083 или СТО 2-2.3-715, шт.;

К - общее количество обследованных в шурфах кольцевых сварных соединений, шт.

Показатель непроектного положения оси трубопровода p_{σ} вычисляют по формуле:

$$p_{\sigma} = \frac{L_{\sigma}}{L_{\Gamma}}, \quad (1.11)$$

где L_{σ} - суммарная протяженность участков газопровода, характеризующихся недостаточным заглублением или всплытием, выпучиванием, провисанием, размывом, наличием оползня, км;

L_{Γ} - протяженность газопровода, км.

Показатель технического состояния защитного покрытия p_p вычисляют по формуле:

$$p_p = \frac{L_{\text{ДП}}}{L_{\Gamma}}, \quad (1.12)$$

где $L_{\text{ДП}}$ - суммарная протяженность участков газопровода, на которых интегральная оценка состояния защитного покрытия не соответствует критериям «хорошо» или «удовлетворительно», определенным в рекомендациях Р Газпром 9.4-013-2011, км;

L_{Γ} - протяженность газопровода, км.

Для газопроводов, на которых проведено КТД, рекомендуется выделить протяженные однородные участки, для которых вычисляют комплексный показатель технического состояния. Мероприятия по поддержанию работоспособного технического состояния выделенных участков газопровода-отвода рекомендуется принимать в соответствии с рисунком 7.

Комплексный показатель технического состояния p	Мероприятия по поддержанию работоспособного состояния участка газопровода-отвода	Оценка технического состояния участка газопровода-отвода
$p \leq 0,03$	КТД проводят в сроки, соответствующие 5.5.9. Выборочный ремонт с преимущественным применением технологий ремонта, не требующих остановки транспорта газа	Исправное
$0,03 < p \leq 0,06$	КТД проводят в сроки, соответствующие 5.5.9. Выборочный ремонт с применением технологий, требующих остановки транспорта газа	Неисправное-работоспособное
$0,06 < p \leq 0,3$	Дополнительная диагностика и переизоляция участка с частичной заменой труб	Неработоспособное-ремонтнопригодное
$p > 0,3$	Вывод участка газопровода-отвода в капитальный ремонт с полной заменой труб	Предельное
Примечание - Для газопроводов-отводов условным диаметром менее 300 мм вместо проведения переизоляции рекомендуется капитальный ремонт путем полной замены труб участка.		

Рисунок 7 – Рекомендуемые мероприятия по поддержанию работоспособного технического состояния линейного участка МГ

Согласно Р Газпром 2-2.3-756-2013 [14] минимальное количество шурфов в зависимости от протяженности газопровода рекомендуется установить следующим:

- два шурфа на газопровод при его протяженности до 4 км, а в случае выявления в шурфах повреждений изоляции площадью более 4 мм² на один квадратный метр поверхности трубы, либо стресс-коррозионного растрескивания металла труб, либо коррозионных дефектов относительной глубиной более 20% от толщины стенки трубы, количество шурфов увеличивают до четырех;

- один шурф на 2 км при протяженности газопровода-отвода от 4 до 10 км, в случае выявления описанных выше повреждений изоляции и металла труб количество шурфов удваивают на участке, где они были обнаружены (при получении неудовлетворительных результатов в дополнительно назначенных шурфах количество мест шурфовки поэтапно повышают до значений один шурф на один км трассы);

- один шурф на 5 км при протяженности газопровода отвода свыше 10 км, а в случае выявления перечисленных выше дефектов плотность шурфов поэтапно увеличивают до значений один шурф на 1 км трассы.

Проведя анализ критериев оценки технического состояния линейной части магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции и комплексного технического диагностирования можно сделать вывод о дискретности метода КТД.

Комплексный показатель технического состояния по результатам КТД определяется исходя из выборочных участков, определенных в соответствии с методикой определения минимального количества шурфов на единицу протяженности. Соответственно, вывод о техническом состоянии всего участка делается условно на основе обследований, проведенных в нескольких шурфах.

В свою очередь, показатель технического состояния участка на основе результатов ВТД складывается из обследованных дефектов на всей протяженности межкамерного участка и является наиболее точным методом технического диагностирования.

1. Рассмотрены основные способы, виды и методы технического диагностирования линейной части магистральных газопроводов, а также системный подход и схема ТД ПАО «Газпром».

2. Рассмотрены параметры, из которых складывается показатель технического состояния линейной части магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции.

3. Рассмотрены параметры, из которых складывается показатель технического состояния линейной части магистральных газопроводов по результатам комплексного технического диагностирования.

4. Сделан вывод о дискретности метода комплексного технического диагностирования и определен наиболее точный метод ТД.

Библиографический список:

1. РД 51-2-97. Ведомственный руководящий документ ОАО «Газпром». Инструкция по внутритрубной инспекции трубопроводных систем. – Введ. 1997-03-18. – Москва, 1997. – 50 с.
2. ПБ 03-593-03. Правила Госгортехнадзора России. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. – Введ. 2003-06-09 – Москва, 2003. – 55 с.
3. РД 51-3-96. Руководящий документ ОАО «Газпром». Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды. – Введ. 1996-12-01 – Москва, 1996. – 70 с.
4. РД 102-008-2002. Руководящий документ Минэнерго России. Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом. – Введ. 2003-10-09 – Москва, 2003. – 53 л.
5. Методические рекомендации по применению аэрокосмических методов для диагностики трубопроводных технических систем и мониторинга окружающей среды. – ГАНГ им. И.М.Губкина, 1995.
6. ВРД 39-1.10-006-2000. Ведомственный руководящий документ ОАО «Газпром». Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. Введ. – 1999-12-09 – Москва, 2000. – 206 л.
7. СНиП 2.05.06.-85. Магистральные трубопроводы. – Москва, 2006. – 63 л.
8. Методические рекомендации по натурным измерениям напряженного состояния магистральных газопроводов. – ВНИИГАЗ, 1985.
9. Методические указания для проведения комплексной инспекции обследований запорно-регулирующей арматуры и камер запуска и приема на объектах ОАО «Газпром» (утв. заместителем начальника Департамента по транспортировке, подземному хранению и

использованию газа, 2001 г.)

10. Инструкция по проведению диагностического обследования подземных переходов трубопроводов технологической системы

ОАО “Газпром” через железные и автомобильные дороги. – ДООАО “Оргэнергогаз”, 2003.

11. СТО Газпром 2-2.3-292-2009. Правила определения технического состояния магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции. – Введ. 2008-12-23. – Москва, 2009. – 33 с.

12. СТО Газпром 2-2.3-1160-2018. Методика оценки показателей надежности линейной части магистральных газопроводов, не подготовленных к проведению внутритрубной инспекции. – Введ. 2018-08-27.- Санкт-Петербург, 2018, - 55 с.

13. СТО Газпром 2-2.3-1050-2016. Внутритрубное техническое диагностирование. Требования к проведению, приемке и использованию результатов диагностирования. – Введ. 2016-02-24.- Санкт-Петербург, 2018, - 70 с.

14. Р Газпром 2-2.3-756-2013. Диагностирование газопроводов-отводов. Основные положения. – Введ. 2014-12-30. – Москва, 2014. – 27 л.

15. СТО Газпром 2-2.3-095-2007. Методические указания по диагностическому обследованию линейной части магистральных газопроводов. – Введ. 2007-08-28. – Москва, 2007. – 76 с.

УДК 662.769.2

Исследование транспортировки метано-водородной смеси по действующим газопроводам

Лаврова С.В., Шестаков Р.А.

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

В настоящее время все большую масштабность и актуальность приобретает поиск и изучение альтернативных источников энергии [1]. Привлекательным универсальным энергоносителем является водород [2].

Водородное топливо изучается уже достаточно длительное время, но до сих пор не может называться полноценной альтернативой традиционному виду топлива. Одной из ключевых проблем является вопрос транспорта водорода по действующим газопроводам [3]. Это связано с высоким уровнем проницаемости водорода, а также возникновение явления водородного охрупчивания металлических трубопроводов.

Строить новые трубопроводы для транспортировки водорода экономически невыгодно, так как возникнет необходимость в обновлении всей трубопроводной системы, что подразумевает собой большие затраты [4].

Однако, введение водорода в существующую газотранспортную сеть с концентрацией от 5% до 20% при сжигании метано-водородной смеси (МВС) поможет снизить выбросы углекислого газа в атмосферу примерно в 2 раза. При этом содержание водорода до 20% позволяет не проводить серьезную реконструкцию газопроводов.

При проработке вопросов, связанных с транспортировкой МВС по существующим газопроводам, для определения изменения давления по длине газопровода при различных содержаниях водорода в МВС смеси, были проведены расчеты физических свойств и гидравлический расчет в упрощенном виде.

Как известно, распределение давления по длине газопровода описывается следующей формулой [5]:

$$p(x) = \sqrt{(p_{\text{нач}}^2 - (16 \cdot M^2 \cdot \lambda \cdot z_{\text{ср}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot R) / (m_{\text{см}} \cdot \pi^2 \cdot d^5)) \cdot x},$$

где $p_{\text{нач}}$ – давление в начале участка газопровода, Мпа; M – массовый расход МВС, кг/с; λ – коэффициент гидравлического сопротивления; $z_{\text{ср}}$ – средний коэффициент сжимаемости МВС; $T_{\text{ср}}$ – средняя температура МВС, К; $R = 8314$ Дж/(моль · К) – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль · К); $m_{\text{см}}$ – молекулярная масса МВС, кг/кмоль; d – внутренний диаметр газопровода, мм; x – определенное сечение газопровода, мм.

Найдём молекулярную массу метано-водородной смеси по формуле [5]:

$$m_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot m_i) ,$$

где r_i – молярная концентрация компонента МВС; m_i – молекулярная масса компонента МВС кг/кмоль.

Средний коэффициент сжимаемости зависит от приведенного давления и приведенной температуры в соотношении [6]:

$$z_{\text{ср}} = 1 - 0,4273 \cdot p_{\text{ПР}} \cdot [T_{\text{ПР}}]^{-3,668},$$

где $p_{\text{ПР}}$ – приведенное давление, $T_{\text{ПР}}$ – приведенная температура.

$$p_{\text{ПР}} = p_{\text{ср}}/p_{\text{ПКсм}} ,$$

где $p_{\text{ср}}$ – среднее давление в газопроводе, МПа; $p_{\text{ПКсм}}$ – предокритическое давление МВС, МПа.

$$p_{\text{ср}} = 2/3 \cdot ([p_{\text{нач}}]^3 - [p_{\text{кон}}]^3) / ([p_{\text{нач}}]^2 - [p_{\text{кон}}]^2) ,$$

где $p_{\text{кон}}$ – давление МВС на выходе участка газопровода, МПа.

Псевдокритическое давление метано-водородной смеси [5]:

$$p_{\text{ПКсм}} = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot p_{\text{кри}i}) ,$$

где $p_{\text{кри}i}$ – критическое давление компонента МВС, МПа.

Приведенная температура метано-водородной смеси описывается следующей формулой [5]:

$$T_{\text{ПР}} = T_{\text{ср}}/T_{\text{ПКсм}} ,$$

где $T_{\text{ПКсм}}$ – предокритическая температура МВС, К.

$$T_{\text{ПКсм}} = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot T_{\text{кри}i}) ,$$

где $T_{\text{кри}i}$ – критическая температура компонента МВС, К.

Методика определения коэффициента гидравлического сопротивления зависит от режима течения МВС в газопроводе, который в свою очередь определяется числом Рейнольдса [5]:

$$Re = (4 \cdot Q_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{(см ст. у.)}}) / (\pi \cdot d \cdot \mu_{\text{см}} \cdot 3600) ,$$

где $Q_{\text{к}}$ – коммерческий расход МВС, м³/с; $\rho_{\text{(см ст. у.)}}$ – плотность МВС при стандартных условиях, кг/м³; $\mu_{\text{см}}$ – динамический коэффициент вязкости МВС, Па · с.

Для определения плотности МВС при стандартных условиях, необходимо найти плотность МВС при нормальных условиях из следующего соотношения [5]:

$$T_{\text{(ст. у.)}} ,$$

где $T_{\text{(н. у.)}} = 273,15 \text{ К}$ – температура МВС при нормальных условиях, К;

$T_{\text{(ст. у.)}} = 293,15 \text{ К}$ – температура МВС при стандартных условиях, К.

Динамический коэффициент вязкости метано-водородной смеси определим по формуле [6]:

$$\mu_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n \left(r_i \cdot \frac{\mu_{i0} \cdot (T_{\text{н. у.}} + c_i)}{T_{\text{ср}} + c_i} \cdot \left(\frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{н. у.}}} \right)^{1,5} \right) ,$$

где μ_{i0} – табличный динамический коэффициент вязкости компонента МВС; c_i – постоянная Саттерленда компонента МВС.

Как показывает практика число Рейнольдса обычно попадает в пределы квадратичного режима течения. Следовательно коэффициент гидравлического сопротивления можно описать следующей формулой [5]:

$$\lambda = 0,067 \cdot \left(\frac{2 \cdot k}{d} \right)^{0,2} ,$$

где $k = 0,01 \text{ мм}$ – среднее значение абсолютной эквивалентной шероховатости (для новых труб с гладкостным покрытием), мм.

Рассмотрим, как изменяется давление метано-водородной смеси по длине газопровода при постоянном массовом расходе и при постоянном коммерческом расходе.

Если учесть, что массовый расход при транспортировке МВС не изменяется, тогда распределение давления по длине газопровода в зависимости от концентрации водорода в МВС будет определяться, главным образом от изменения среднего коэффициента сжимаемости и молекулярной массы МВС и примет следующий вид:

$$p(x)_{M=const} = \sqrt{P_{нач}^2 - \frac{16 \cdot (Q_k \cdot \rho_{см ст.у.(0\%)})^2 \cdot \lambda \cdot z_{ср(0-20\%)} \cdot T_{ср} \cdot \bar{R}}{m_{см(0-20\%)} \cdot \pi^2 \cdot d^5} \cdot x},$$

где $\rho_{см ст.у.(0\%)}$ – плотность природного газа, без добавления водорода при стандартных условиях, кг/м³; $z_{ср(0-20\%)}$, $m_{см(0-20\%)}$ – средний коэффициент сжимаемости и молекулярная масса МВС, соответственно, изменяющиеся в зависимости от концентрации водорода в МВС.

При постоянном коммерческом расходе распределение давления по длине газопровода будет напрямую зависеть от изменения плотности, среднего коэффициента сжимаемости и молекулярной массы МВС и примет следующий вид:

$$p(x)_{Q_k=const} = \sqrt{P_{нач}^2 - \frac{16 \cdot (Q_k \cdot \rho_{см ст.у.(0-20\%)})^2 \cdot \lambda \cdot z_{(0-20\%)} \cdot T_{ср} \cdot \bar{R}}{m_{см(0-20\%)} \cdot \pi^2 \cdot d^5} \cdot x},$$

где $\rho_{см ст.у.(0-20\%)}$ – плотность МВС при стандартных условиях, изменяющаяся в зависимости от концентрации водорода в МВС, кг/м³.

Для наглядности произведем расчет транспортировки метано-водородной смеси по условному участку газопровода, исходные данные которого представлены в таблицах 1,2. Справочные значения представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Исходные данные условного газопровода

Параметр	Значение	Ед. измерения
Коммерческий расход газопровода, Q_k	15	млн. м ³ /сут
Протяженность трассы газопровода, L	200	км
Давление перед ГКС, p_H	5,5	Мпа
Средняя температура, $T_{ср}$	20	°С
Внешний диаметр газопровода, D	820	мм
Толщина стенки газопровода, δ	11	мм

Таблица 2 – Состав МВС в %

СН ₄	Н ₂	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	СО ₂	Н ₂
91,9	0	2,05	3,21	2,49	1,2	1,15
СН ₄	Н ₂	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	СО ₂	Н ₂
86,9	5	2,05	3,21	2,49	1,2	1,15
81,9	10					
76,9	15					
71,9	20					

Основные параметры для определения распределения давления по условному участку газопровода представлены в таблице 4.

Результаты расчета распределения давления по условному участку газопровода протяженностью 200 км при постоянном массовом и при постоянном коммерческом расходах представлены в таблицах 5 и 6, соответственно.

Графики распределения давления по длине условного участка газопровода при транспортировке метано-водородной смеси с различной концентрацией водорода при постоянном массовом и постоянном коммерческом расходах, построенные при анализе таблиц 5 и 6, представлены на рисунках 1 и 2, соответственно.

Таблица 3 – Основные физико-химические свойства компонентов МВС [5]

Газ	Плотность при н.у., кг/м ³	Молекулярная масса, кг/кмоль	Критическая температура, К	Критическое давление, МПа	Динамический коэффициент вязкости, ·10 ⁶ Па·с	Постоянная Саттерленда
CH ₄	0,7175	16,043	190,55	4,599	14,4	162
H ₂	0,0899	2,016	33,23	1,297	13,2	75
C ₂ H ₆	1,3551	30,07	305,83	4,88	13,7	252
C ₃ H ₈	2,0098	44,097	369,82	4,25	12,1	373
C ₄ H ₁₀	2,7091	58,123	425,14	3,784	13,1	377
CO ₂	1,9767	44,01	304,2	7,386	14,98	254
N ₂	1,2555	28,132	126,2	3,39	16,8	111

Таблица 4 – Основные параметры МВС

		0% H ₂	5% H ₂	10% H ₂	15% H ₂	20% H ₂
Молекулярная масса смеси, кг/кмоль		19,07	18,37	17,67	16,97	16,27
Средний коэффициент сжимаемости	Массовый расход постоянен	0,879	0,892	0,905	0,916	0,927
	Коммерческий расход постоянен	0,879	0,890	0,901	0,911	0,921
Плотность смеси при ст.у., кг/м ³		0,799	0,770	0,740	0,711	0,682
Динамический коэффициент вязкости смеси · 10 ⁶ , Па·с		15,535	15,464	15,392	15,321	15,249
Число Рейнольдса		14250576	13792341	13329856	12863059	12391892
Коэффициент гидравлического сопротивления		0,00805				

Таблица 5 – Распределение давления по длине условного участка газопровода при постоянном массовом расходе метано-водородной смеси

H ₂		0%	5%	10%	15%	20%
		p(x), МПа				
x, км	0	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
	20	5,34	5,33	5,32	5,31	5,30
	40	5,17	5,16	5,14	5,12	5,09
	60	5,00	4,97	4,94	4,91	4,88
	80	4,82	4,79	4,74	4,70	4,65
H ₂		0%	5%	10%	15%	20%
		p(x), МПа				
x, км	100	4,64	4,59	4,53	4,48	4,41
	120	4,45	4,38	4,32	4,24	4,16
	140	4,25	4,17	4,09	3,99	3,89
	160	4,04	3,94	3,84	3,73	3,61
	180	3,82	3,70	3,58	3,44	3,29
	200	3,58	3,45	3,30	3,13	2,95

Таблица 6 – Распределение давления по длине условного участка газопровода при постоянном коммерческом расходе метано-водородной смеси

H ₂		0%	5%	10%	15%	20%
		p (x), МПа				
x, км	0	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
	20	5,34	5,34	5,35	5,35	5,36
	40	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21
	60	5,00	5,01	5,03	5,04	5,06
	80	4,82	4,84	4,86	4,88	4,90
	100	4,64	4,66	4,69	4,71	4,74
	120	4,45	4,48	4,51	4,54	4,57
	140	4,25	4,28	4,32	4,36	4,40
	160	4,04	4,08	4,12	4,17	4,21
	180	3,82	3,86	3,92	3,97	4,03
	200	3,58	3,64	3,70	3,76	3,83

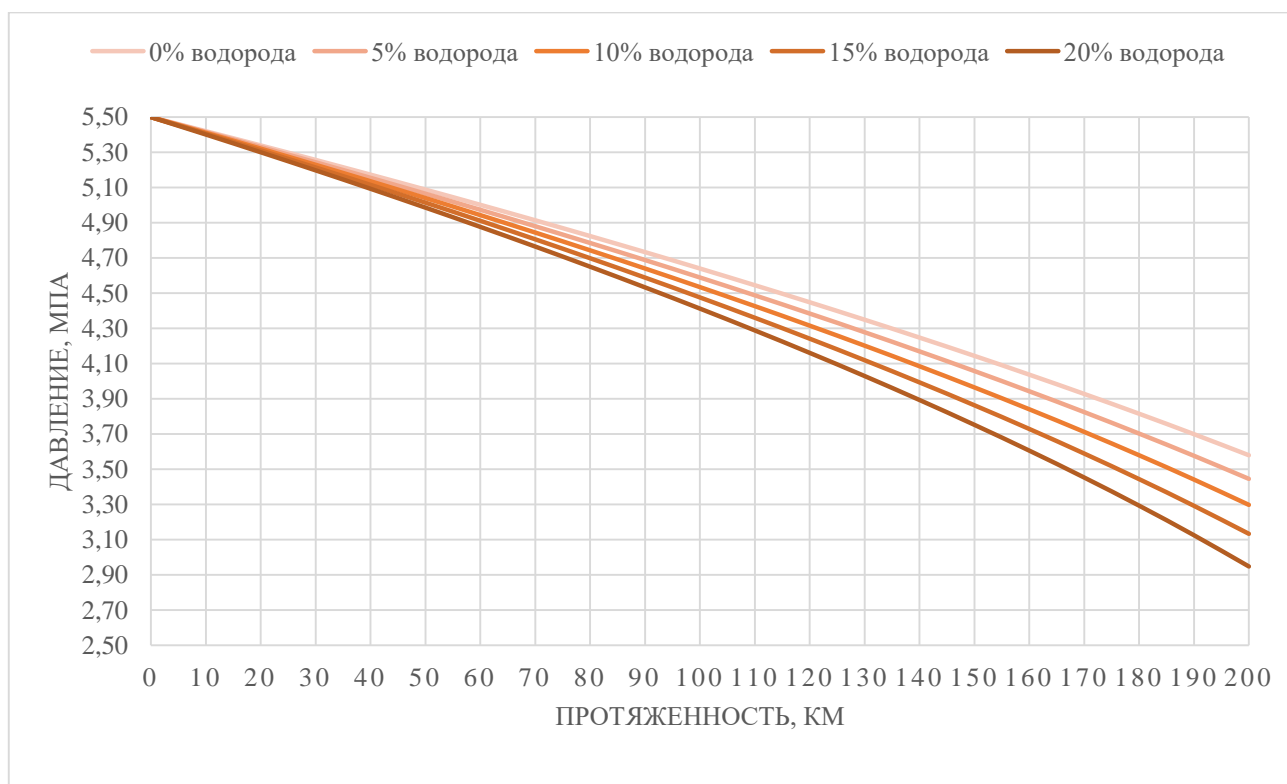


Рисунок 1 – Распределение давления МВС по длине условного участка газопровода при постоянном массовом расходе

Проанализировав расчеты и графики распределения давления по длине условного участка газопровода при постоянном массовом и постоянном коммерческом расходах при транспортировке метано-водородной смеси с различной концентрацией водорода, можно сделать вывод, что при уменьшении молекулярной массы МВС потери давления в сечении газопровода.

Таким образом, чтобы транспортировать ту же массу метано-водородной смеси, но другого состава, необходимо повысить давление на входе в газопровод.

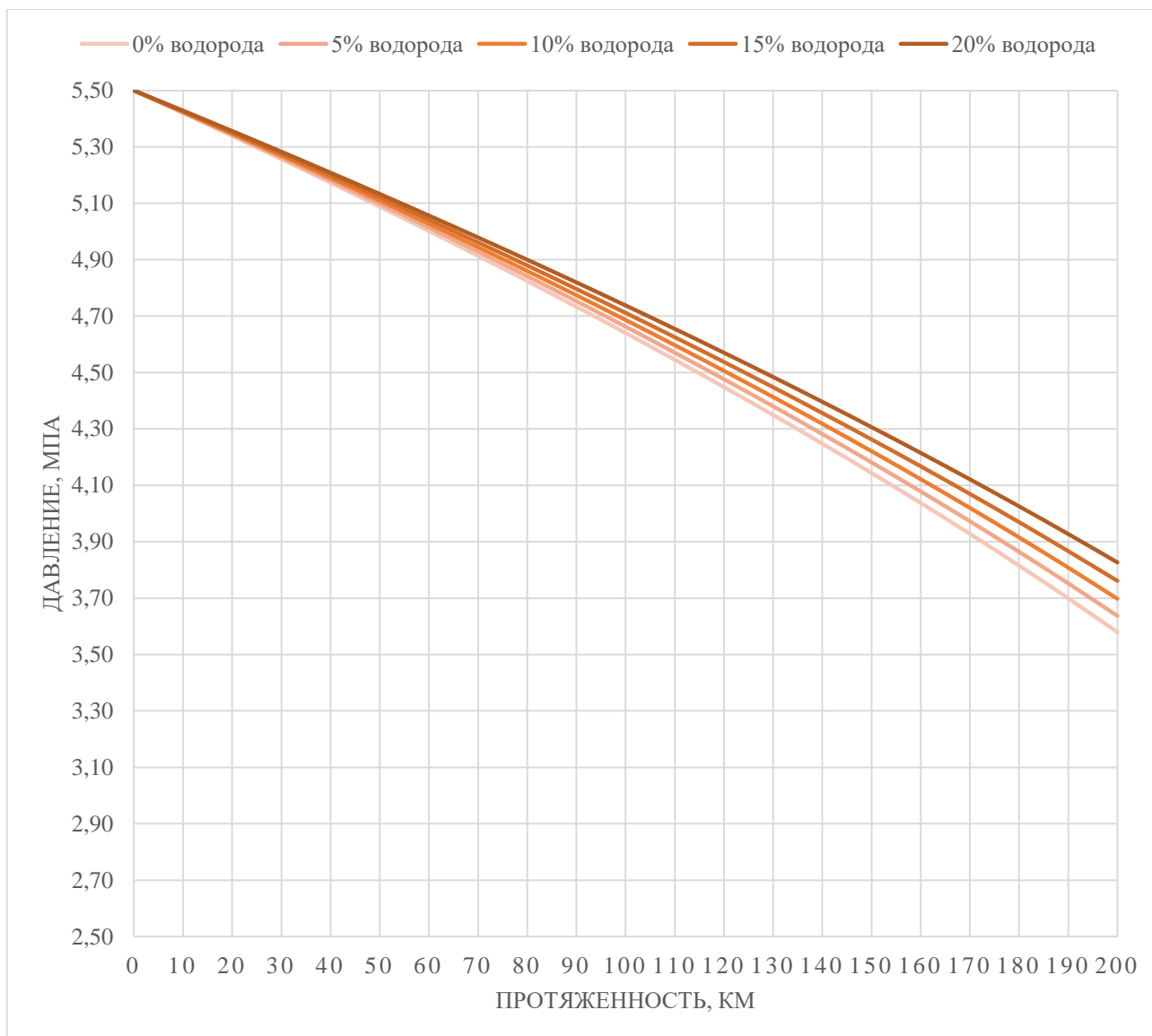


Рисунок 2 – Распределение давления МВС по длине условного участка газопровода при постоянном коммерческом расходе

Библиографический список:

1. Комаров Д.Н., Шестаков Р.А. Анализ обеспечения промышленной безопасности в условиях применения альтернативных источников моторного топлива // Материалы конференций ГНИИ "Нацразвитие". – 2018. – С.57-62.
2. Лаврова С.В., Шестаков Р.А. Методы хранения водородного топлива // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2021. – № 9(117). – С. 86-89.
3. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А., Проблема хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумуляирования водорода. – Рос.хим.ж. (Ж.Рос.хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). – 2006 г. – С.36-48.
4. Гамбург Д.Ю., Семенов В.П., Дубовкин Н.Ф., Смирнова Л.Н., Водород, Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. – 1989 г. – С.672
5. Лурье М.В., Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: учебное пособие. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2012. – 456 с.

Оптимизация процесса вытеснения нефти из участка магистрального нефтепровода, при проведении ремонтных работ с помощью ИГС

Лукаш А.А.

Научный руководитель – Федоров В.Т.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В процессе эксплуатации внутренняя полость трубопровода также постепенно засоряется водой, парафиновыми отложениями и механическими примесями. Наличие скоплений приводит к повышению гидравлического сопротивления и как следствие – к снижению экономичности работы трубопровода. Кроме того, это отразится на точности прогнозных расчетов режима работы трубопровода. Поэтому в процессе эксплуатации внутренняя полость трубопровода периодически должна очищаться от различных отложений.

Актуальность выбранной темы: общая протяженность участков, подлежащих освобождению от нефти вытеснением с подачей ИГС, определяется графическим методом с использованием профиля участка магистрального нефтепровода и требует проведение ряда мероприятий, связанных с освобождением от нефти участка нефтепровода. Все это влечет за собой производство шурфовки и земельных работ в местах сопровождения ПРВ, а также контроль и дежурство несколькими группами сопровождения, с переброской техники и оборудования.

Такие мероприятия предопределяют необходимость разработки методики и выбора оптимальных проектных решений, направленных на повышение эффективности контроля прохождения ПРВ при вытеснении нефти из участка магистрального трубопровода, а также сокращения ресурсов и экономии времени и минимизации погрешности человеческого фактора, на основании результатов гидравлических расчетов и разработки оборудования с учетом влияния всех смежных мероприятий. [1]

Целью исследования является: исследование и совершенствование технологии для осуществления очистки и опорожнения, а также вытеснения нефти из участков магистральных нефтепроводов «Ухта – Ярославль», при проведении ремонтных работ с применением мобильных компрессорных азотных установок.

Задачи:

1. Провести обзор средств очистки магистральных нефтепроводов от внутритрубных отложений применяемых при проведении работ по вытеснению нефти;
2. Рассмотреть технологии опорожнения нефти и нефтепродуктов с помощью азотных установок, методы определения точного местоположения при движении в трубопроводе внутритрубных объектов;
3. Разработать техническое устройство прохождения скребка для контроля прохождения ПРВ при вытеснении нефти из участка трубопровода;

Перечень критериев, обосновывающих применение технологии освобождения участков МТ вытеснением ИГС

1. При прохождении участка МТ по селитебным и особо охраняемым природным территориям;
2. При наличии ограничений по объемам закачки нефти/нефтепродукта в параллельный МТ, с целью исключения ухудшения показателей качества нефти/нефтепродукта;
3. При наличии естественных и искусственных пересечений на участке прокладки ВТД, пересечение которых требует дополнительных технических сооружений;
4. При наличии на освобождаемом участке одноточного МТ нескольких мест производства ремонтных работ, предусмотренных планами ОСТ в разное время и течение одного года, освобождение которых можно выполнить за один цикл вытеснения.

Понятие «вытеснение» нефти и нефтепродуктов актуально для предприятий, связанных с хранением и транспортировкой нефтегазовой продукции.

Сам процесс представляет собой очистку внутренней полости магистрального провода

при вводе в эксплуатацию, проведении плановых и ремонтных работ или демонтаже. Со временем магистраль теряет свою пропускную способность из-за накопления на стенках парафиновых отложений. Интенсивность засорения нефтепровода зависит от множества факторов, таких как: физико-химические свойства транспортируемых нефтепродуктов, температурных режимов, скорости транспортировки и др. В связи с этим, предприятия-транспортеры вынуждены проводить плановые работы по удалению парафинов, смол, сульфидов, солей и многих других отложений.

Для получения качественной информации при проведении внутритрубной диагностики внутреннюю полость трубопровода необходимо тщательно очистить от парафино-смолистых отложений, остатков глиняных тампонов, появившихся при ремонте трубопровода, а также посторонних предметов. Наилучшие результаты очистки дает применение очистных устройств с чистящими дисками, изготовленными из высококачественного полиуретана по современной технологии, которые обладают наилучшими физико-механическими характеристиками и до сих пор применявшихся для этих целей материалов. В ОАО «АК «Транснефть» разработаны и выпускаются серийно скребки нескольких типов:

- стандартные типа СКР1 с чистящими дисками;
- двухсекционные типа СКР2 с чистящими и щеточными дисками и подпружиненными щетками;
- магнитными скребками типа СКР3 с чистящими дисками и магнитными щетками для сбора металлических предметов из полости трубы;
- щеточные типа СКР4 с чистящими и щеточными дисками.

Существует несколько возможных методов очистки магистральных нефтепроводов.

Разумеется, вытеснение нефтепродуктов воздухом невозможно, так как пирофорные соединения, образующиеся в результате контакта сернистых нефтепродуктов с незащищенными железными стенками магистрали, склонны к самовозгоранию в реакции с кислородом.

Специальный очистной поршень двигается внутри нефтепровода под действием агента, нагнетаемого мобильными азотными компрессорными станциями, вытесняя нефтепродукты. Этот метод более результативен и удобен по сравнению с вытеснением нефти водой, применяемым при небольшой протяженности магистрали и сравнительно малого диаметра. Высокая производительность наших станций позволяет обслуживать нефтепроводы протяженностью в несколько десятков километров, а высокая чистота азота дает гарантию в безопасности проводимых работ.

Существует также перечень критериев, исключающих применение технологии освобождения участков МТ вытеснением инертной газовой смесью.

Технологии освобождения с применением ИГС не допускается в следующих случаях:

- а) применение освобождения с вытеснением ИГС приводит к превышению рабочего давления в МТ;
- б) имеется наличие газоздушных пробок или участков с содержанием ГВС на освобождаемом участке МТ, при условии невозможности их устранения до начала работ по вытеснению нефти/нефтепродуктов с применением ИГС;
- в) Имеется перепад высот между низшей и высшей точками по ходу вытеснения нефти/нефтепродукта на освобождаемом участке МН от места подачи ИГС до места откачки более величин.

при невозможности обеспечения на период производства работ по освобождению участка МТ свободной емкости в РП НПС, для приема вытесняемой нефти/нефтепродукта;

д) при отсутствии возможности контролируемой остановки поршней-разделителей за линейными задвижками и перевальными точками при необходимости одновременного вытеснения 2-х и более участков МТ на одном технологическом участке;

е) при невыполнении, по расчету, условия устойчивости положения (против всплытия) участка МТ;

ё) время вывода МТ на режим, с учетом заполнения участков, освобождаемых с

применением ИГС, не позволяет обеспечить выполнение посуточного графика движения нефти/нефтепродукта (ПГДН);

ж) расчетная продолжительность освобождения более 24 часов, кроме участков МТ, суммарное время работ на которых не превышает продолжительности останки МТ;

з) при необходимости освобождения участков МТ вытеснением ИГС против хода движения нефти/нефтепродукта;

и) при отсутствии согласования проведения работ по вытеснению нефти/нефтепродукта с применением ИГС смежным ОСТ (в случае проведения работ на одном технологическом участке).

Освобождение от нефти/нефтепродукта участков МТ с применением мобильных компрессорных азотных установок применяется при условии отсутствия на освобождаемом МТ участков с возможным содержанием ГВС. Участки МТ, проложенные на обводненных участках трассы (реки, болота, поймы, водоемы, водохранилища и т.д.) должны быть обоснованы расчетом устойчивости положения (против всплыва) МТ при наличии во внутренней полости ИГС.

При наличии дефектов на участке, подлежащем освобождению, необходимо провести проверку не превышения давления ИГС допустимого давления во всех секциях, имеющих дефекты, в течении всего процесса освобождения. Для выявления превышения допустимого давления в секциях МТ, освобождение не допускается с применением МКАУ.

Выбор схемы освобождения участков МТ должен проводиться, исходя из обеспечения полного освобождения внутренней полости ТП от нефти/нефтепродукта до нижней образующей трубы. Возможные схемы освобождения участков с применением МКАУ с одновременной откачкой ПНУ:

а) за линейную запорную арматуру;

б) за перевальную точку;

в) в параллельный трубопровод;

г) за линейную запорную арматуру при различной последовательности выполнения вытеснения ИГС.

Использование технологии освобождения МТ с применением ИГС нецелесообразно в следующих случаях:

1) имеется возможность освобождения участка МТ самотеком в РП НПС;

2) имеется возможность освобождения участка МТ насосами НПС.

При наличии альтернативных технологий освобождения МТ вытеснению инертной разовой смесью, ОСТ выбирает технологию по результатам расчета экономической эффективности.

Для выполнения расчета направляется в экономическую службу запрос на предоставление затрат на работы, выполняемые собственными силами. Стоимость показателей предоставляются в ценах периода проведения работ.

Библиографический список:

1. РД -75.180.00-КТН-155-14. Руководящий документ Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов Методика расчета объемов и времени освобождения от нефти и нефтепродуктов участков магистральных трубопроводов для проведения плановых работ [Текст]: утв. ОАО «АК» «Транснефть» 01.04.2013 – Срок действия до замены (отмены).

2. РД-91.200.00-КТН-044-11. Руководящий документ Технология освобождения нефтепроводов от нефти и заполнения после окончания ремонтных [Текст]: утв. ОАО «АК» «Транснефть» 20.07.2012 – Срок действия до замены (отмены).

3. Шмаков, В.А. Планирование ремонта магистральных трубопроводов по результатам внутритрубной диагностики / В.А. Шмаков, Ю.Н. Смирнов, Р.Р. Гиззатуллин. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. – 92 с.

4. Очистные поршни для трубопроводов / Информационная брошюра. – Уфа: ЦТД «Диаскан», 2010. – 27 с.

Разработка беспилотного комплекса для мониторинга объектов магистрального транспорта нефти

Луцан А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В связи с постоянно растущими объемами перекачки нефти и увеличением протяженности магистральных нефтепроводов, на сегодняшний день все острее становится вопрос обеспечения надежной, безаварийной работы трубопроводных систем, что в свою очередь требует непрерывного мониторинга, технического обслуживания и ремонта. Традиционные методы мониторинга имеют ряд недостатков: облет на вертолете имеет высокую стоимость, вездеходный транспорт требует частого технического обслуживания и малоподвижен, тогда как стационарно установленным датчикам требуется периодическая калибровка.

Беспилотные летательные аппараты (далее БПЛА) имеют ряд преимуществ перед традиционными методами мониторинга. В частности, стоимость одного полета на БПЛА существенно ниже в сравнении с облетом, позволяет достигнуть более труднодоступных мест и оперативно получить картинку на экране пульта управления у оператора (таблица 1), а также избежать риска получения травмы и человеческих жертв при обходе или облете.

Таблица 1 – Сравнение некоторых методов мониторинга

Показатели сравнения	Обход	Облет	БПЛА
Скорость получения и обработки данных	нет	да	Да
Человеческий фактор	тех. группа	тех. группа	оператор
Энергоноситель	-	топливо	Аккумуляторы/топливо
Затраты (тыс. руб./час)	-	60 000	-

Исходя из различных задач, возможно использовать различные типы беспилотных летательных аппаратов. В случае со значительной удаленностью трубопровода от оператора целесообразно использовать БПЛА самолетного типа большой дальности, которые позволяют удаляться на большое расстояние и проводить значительное время в воздухе. При необходимости в оперативной разведке трасс МН применяются БПЛА самолетного типа средней дальности. В случаях, когда необходимо обследование близкорасположенных объектов для детального изучения, применяются БПЛА вертолетного типа, не позволяющие отдаляться слишком далеко от оператора ввиду ограничений по времени полета. На таблице 2 представлено сравнение основных характеристик БПЛА разных типов.

Основным минусом БПЛА самолетного типа является необходимость в устройстве для их запуска, невозможность приземления без использования парашюта или сети. Также, ввиду конструктива, отсутствует возможность зависания над объектом мониторинга, как БПЛА вертолетного типа.

В результате патентного поиска была определена возможность использования БПЛА в связке с различными приборами и датчиками, позволяющими получить информацию о состоянии трубопровода (рисунок 1).

Фото/видео камера позволяет визуально оценить состояние трубопровода, а также обнаружить утечки нефти или присутствие посторонних в охраняемых зонах. Современные сенсоры камер позволяют захватить больше света, а также получить картинку большой четкости.

Тепловизор подходит для условий с ограниченной видимостью и темное время суток, такая съемка позволяет увидеть утечки нефти и наличие посторонних там, где обычная камера не даст эффективного результата, современные образцы тепловизоров имеют малые массогабаритные характеристики, что позволяет использовать их совместно с фото/видео камерой.

Таблица 2 – Сравнение основных характеристик БПЛА разных типов

Характеристика	БПЛА самолетного типа большой дальности	БПЛА самолетного типа средней дальности	БПЛА вертолетного типа
Радиус действия	50-70 км	15-25 км	2-5 км
Продолжительность полета	4-5 ч	1,2-5 ч	40-60 мин
Скорость	65-130 км/ч	65-130 км/ч	0-50 км/ч
Взлетная масса	8-10 кг	2,5-6 кг	1,5-8 кг
Целевая нагрузка	1,5-2 кг	0,3-1 кг	0,3-2 кг
Взлет	Пневмо-катапульта	Эластичная катапульта	Вертикальный
Посадка	Парашют, в сеть	Парашют, в сеть	Вертикальная
Размах крыла	2-3 м	1-2 м	0,6-1,5 м
Стоимость	1,7-4,5 млн. руб.	1,2-3,3 млн. руб	0,9-2,8 млн. руб.



Рисунок 1 – Возможности применения БПЛА

Использование газоанализатора позволяет с большой точностью определить зоны с повышенной загазованностью, что может сигнализировать о наличии утечек.

Наиболее эффективно в связке с БПЛА может показать себя метод магнитной томографии, основанной на измерении собственного магнитного поля рассеяния металла трубопровода. На рисунке 2 представлены результаты диагностики трубопровода данным методом.

Пионером в данной области является компания «Транскор» с прибором «СКИФ». Диаграмма напряженного состояния имеет аномалии, которые тесно коррелируют с расположением дефектов на трубопроводе. Точность результатов составляет около 95 %. Сканирование собственного магнитного поля трубопровода возможно на расстоянии до 15

диаметров трубы при скорости перемещения прибора до 5 км/ч. Указанные ограничения допускают использовать метод магнитной томографии с БПЛА вертолетного типа.

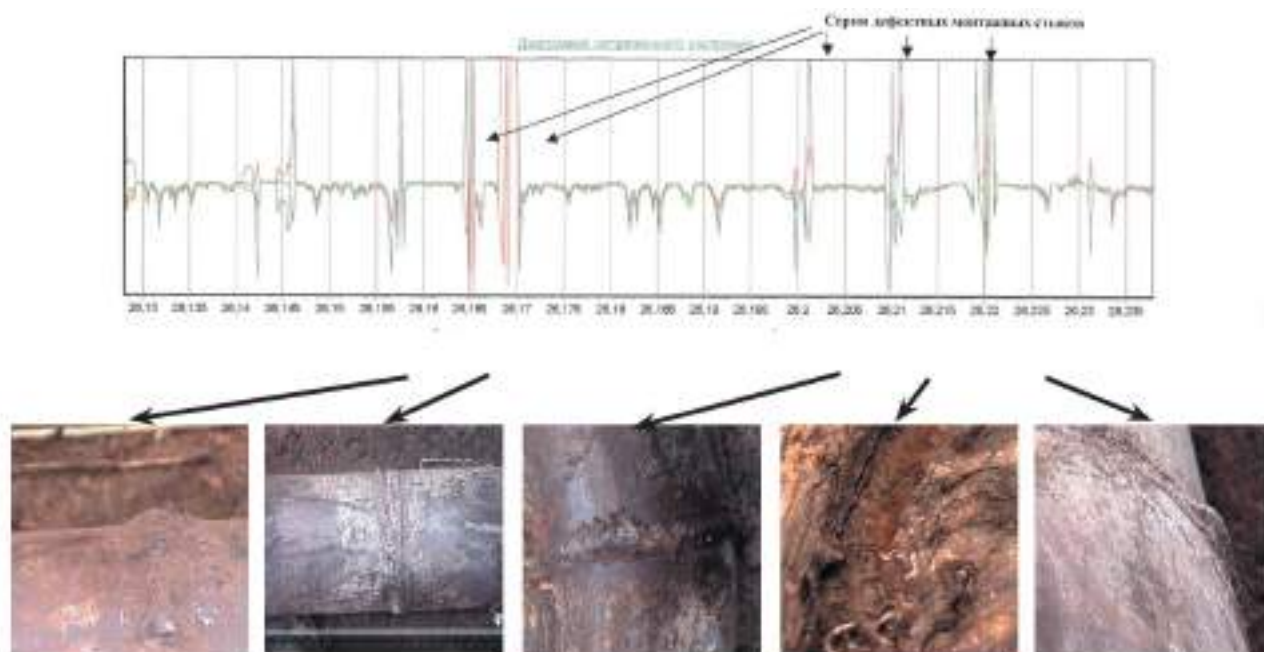


Рисунок 2 – Результаты диагностики методом магнитной томографии

В отличие от методов внутритрубной диагностики, к преимуществам МТМ относятся: отсутствие необходимости подготовки внутренней поверхности трубы, оснащения камерами пуска-приема очистных скребков и снарядов-дефектоскопов, намагничивания / размагничивания, непосредственного доступа к трубопроводу. К недостаткам метода относятся: наличие шумов на диаграмме напряженного состояния, сильная зависимость результатов сканирования от наличия металлических предметов рядом с трубопроводом, а также источников мощного магнитного поля.

В ходе исследования был произведен анализ существующих типов БПЛА, выявлены достоинства и недостатки, произведен патентный поиск, в ходе которого определена возможность использования различных датчиков и приборов в связке с БПЛА.

БПЛА для мониторинга магистральных нефтепроводов экономически выгоден, не требует большого количества специально обученного персонала, а также может быть укомплектован различными датчиками и приборами в зависимости от задачи, что делает его хорошей альтернативой традиционным методам мониторинга. Метод магнитной томографии, имея ряд недостатков, является наиболее перспективным методом для использования его с БПЛА.

Библиографический список:

1. Зубкова Е. Пролетая над нефтепроводом // Аналитика – Нефть и Газ, 2015. URL: energyland.info/analytic-show-135522
2. Камаева С. С., Никонов А. И., Горошевский В.П., Белотелов В.Н. Особенности диагностики трубопроводов комплексом дистанционных методов на основе линеаментного анализа и магнитной томографии // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2016 – № 6. – С. 54-60.

Измерения напряженно-деформированного состояния нефтегазопровода на основе внутритрубных инспекционных приборов с применением инклинометров

Шкутов И.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия,

Инклинометрия – это метод оценки положения объектов относительно друг друга и в окружающем пространстве с помощью специального прибора - датчика-инклинометра. Данный датчик основан на измерении угла наклона объекта относительно гравитационного поля Земли [1]. Инклинометр позволит определять положение трубопровода в пространстве и фиксирует угол отклонения трубопровода от его начального положения [2]. Данный датчик позволит расширить объем получаемой информации о напряженно-деформированном состоянии магистрального нефтегазопровода в процессе диагностики.

Был произведен расчет показателей напряженно-деформированного состояния трубопровода с помощью инклинометра по профилю трассы с заранее вертикальным изгибом нижнего участка трассы.

Объект исследования: участок трубопровода, без дефектов, отклонением от цилиндрической формы пренебрегается, диаметр – 820 мм, толщина стенки трубы – 11 мм, давление – 5,89 МПа, шаг измерения угла 7 м [2]. В качестве прибора был взят инклинометр ИН-130 с абсолютной погрешностью измерения 0,06 градусов.

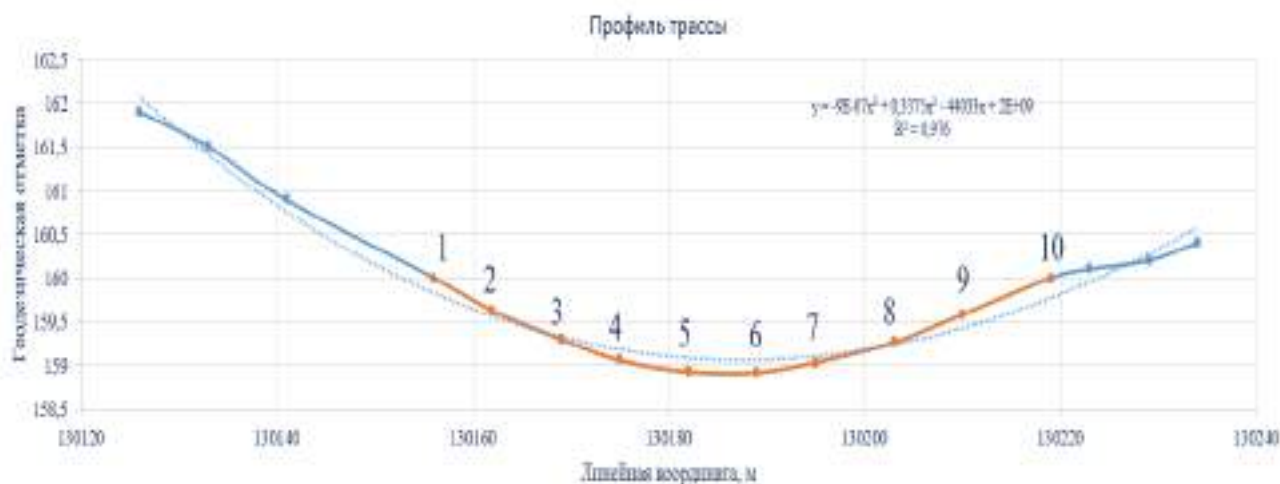


Рисунок 1 – Профиль исследуемого трубопровода

Таблица 1 – Исходные данные

№ Участка	Величина угла наклона, град	Геодезическая отметка, м	Линейная координата, км
1	-3,71	160,31	130154
2	-3,39	159,625	130161
3	-2,79	159,297	130168
4	-1,87	159,055	130175
5	-0,72	158,924	130182
6	0,52	158,916	130189
7	1,74	159,032	130196
8	2,59	159,261	130203
9	3,38	159,581	13021
10	3,68	159,97	130217,5

В результате расчета были получены следующие данные, которые были сверены с данными моделирования в программном комплексе ANSYS и SOLIDWORK (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка достоверности результатов расчёта НДС изогнутого участка трубопровода

№ Участка	Величина угла наклона, град	Напряжения изгиба, МПа		
		Оценки изгибных напряжений в стенках трубопровода с применением инклинометра	Оценки изгибных напряжений в стенках трубопровода на основании результатов моделирования в «SOLIDWORKS»	Оценки изгибных напряжений в стенках трубопровода на основании результатов моделирования в «ANSYS»
1	2	3	4	5
1	-3,71	0	0	0
2	-3,39	120	117	118
3	-2,79	197	200	201
4	-1,87	246	248	249
5	-0,72	255	259	262
6	0,52	257	259	261
7	1,74	250	249	249
8	2,59	204	203	203
9	3,38	126	129	128
10	3,68	0	0	0

Таблица 3 – Относительная погрешность результатов моделирования

№ участка	Относительная погрешность результатов моделирования в «SOLIDWORKS», %	Относительная погрешность результатов моделирования в «ANSYS», %
1	0	0
2	2,5	2,5
3	1,01	1,5
4	0,81	1,21
5	1,56	2,7
6	0,77	1,5
7	0,8	1,21
8	0,49	0,49
9	2,38	1,58
10	0	0

Полученные результаты были сравнены с результатами моделирования, таким образом, максимальная погрешность напряжения составила 2,7 %, что является доказательством достоверности и работоспособности данных. При учете допустимой инженерной погрешности в 5 % от полученного результата, можно сделать вывод, что они являются не совсем точными, но так как показатели находятся в одном диапазоне, означая, что на них можно опираться при дальнейшем исследовании.

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить, что дооснащение внутритрубного инспекционного прибора датчиком-инклинометром является рациональным. Данное улучшение позволит отслеживать напряженно-деформированное состояние, расширит

объем получаемой информации о магистральном трубопроводе, что в дальнейшем позволит сократить число отказов и аварийных остановок магистральных нефтегазопроводов, и позволит продолжать эксплуатацию в бесперебойном режиме. Применение данных датчиков актуально, так как в экономической составляющей датчик намного дешевле, чем дорогостоящие приборы для определения кривизны трубы. Дооснащение позволит повысить точность системы инерционной навигации, для получения более точной информации.

Библиографический список:

1. Васильев С. И., Лапушова Л. А., Датчики систем автоматизации технологических процессов бурения нефтяных и газовых скважин [Текст] : учеб. пособие / Академия Естествознания – Москва : 2016. – 116 с.
2. Буторин, А. И. Оценка напряженно-деформированного состояния магистральных газонефтепроводов с применением высокоточной цифровой инклинометрии [Текст]:дис. магистерская: 21.04.01/ А. И. Буторин. – Ухта, 2021. – 108 с.
3. Агинеи, Р.В. Разработка методики оценки напряженного состояния нефтегазопроводов по коэрцитивной силе металла: дис. ...канд. техн. наук 25.00.19 / Агинеи Руслан Викторович. – Ухта, 2005. – 143 с.
4. Исламов, Р. Р. Совершенствование системы мониторинга технического состояния протяженных участков магистральных нефтегазопроводов применением волоконно-оптических сенсоров деформаций [Текст]:дис. канд. техн. наук: 25.00.19 / Р. Р. Исламов. – Ухта, 2018. – 168 с.
5. РД-23.040.00-КТН-213-14. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Методика получения исходных данных и расчета напряженно-деформированного состояния эксплуатируемого трубопровода на участках трассы с многолетнемерзлыми грунтами – Введ. 18.11.2014. –М. : ОАО "АК "Транснефть", 2014. – 74 с.
6. Брюзгин, Г. В. Повышение точности внутритрубной навигации в условиях сезонных подвижек грунтов / Г. В. Брюзгин, В. В. Алешкин. - [Текст] : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 19, 2017, № 6 – С. 201–208.
7. Денисов, В. М. Метод геотехнического мониторинга с использованием глубинных микромеханических датчиков наклона. - [Текст] : непосредственный // Инженерные изыскания. 2013. № 10-11. С. 38-43.

УДК 621.315.2

Применение гидроабразивного комплекса для ремонта магистральных и площадных объектов магистрального нефтепровода

Шкутов И.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Магистральный нефтепровод - единый производственно-технологический комплекс, предназначенный для транспортировки подготовленной нефти и нефтепродуктов от пунктов приема до пунктов сдачи потребителям или перевалки их на автомобильный, железнодорожный или водный виды транспорта, состоящий из конструктивно и технологически взаимосвязанных объектов, включая сооружения и здания, используемые для целей обслуживания и управления объектами магистрального трубопровода.

Одной из важнейших составляющих производственного процесса является обеспечение безопасной безаварийной эксплуатации технологического оборудования и систем магистральных трубопроводов, их соответствия требованиям технических норм. С этой целью ежегодно проводятся работы по ремонту и реконструкции объектов магистрального нефтепровода.

Одним из видов работ является вырезка катушки, запорной арматуры (задвижек, запорных клапанов и т. д.) и соединительных деталей, которая должна производиться одним из методов:

- безогневым методом (МРТ, ручные ножовки, ручные труборезы, труборезы токарного типа);

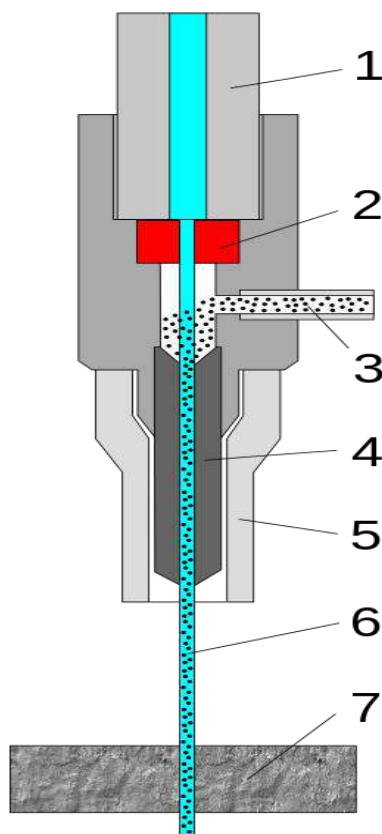
- с применением энергии взрыва (УКЗ, шнуровых кумулятивных зарядов).

Применение холоднорежущего комплекса для ремонта линейных и площадных объектов магистрального нефтепровода, это многофункциональная установка, для резки любого материала, с помощью смеси воды и абразива, выходящего под большим давлением из специального сопла. Данная установка, это холоднорежущий инструмент, позволяющий сократить время остановки МН, обеспечить безопасность и качество выполняемых работ. Применение данной технологии несет в себе экономический эффект, позволяющий сэкономить большое количество средств.

В настоящее время на предприятиях ПАО «Транснефть» используется безогневая механическая резка (МРТ).

Безогневая резка — это механическая резка трубопрокатной продукции, осуществляемая специальными машинами или приспособлениями с помощью фрез или роликовых резцов, без побочного выделения огня и искр.

Гидроабразивная резка - вид обработки материалов резанием, где в качестве режущего инструмента вместо резца используется струя воды или смеси воды и абразивного материала, выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением. В природе подобный процесс, протекающий естественным образом, называется водной эрозией.



1 - подвод воды под высоким давлением; 2 - сопло; 3 - подача абразива; 4 - смеситель;
5 - кожух; 6 - режущая струя; 7 - разрезаемый материал.

Рисунок 1 - Схема сопла гидроабразивной резки.

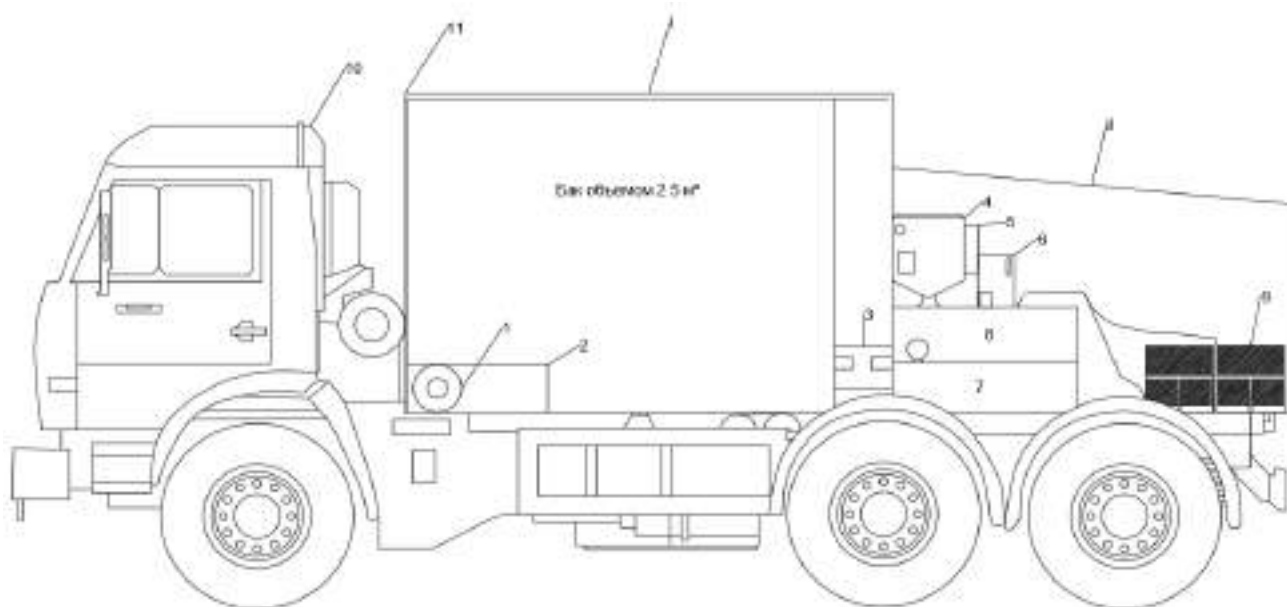
К соплу подается напор воды под давлением и только в сопле происходит смешивание абразива и воды, что позволит избежать искраобразования. Толщина реза данной установки оставляет от 0,6 до 1,2 мм. Многофункциональность данного комплекса заключается не только в применении на линейной части но и на площадных объектах, резервуары – применение данного комплекса позволит сократить затраты на пропаривание перед демонтажем, на технологических трубопроводах – в связи с постройкой КС и НПС по старым нормативным документам, соединения технологических трубопроводов и резервуарного парка, насосных

станций, компрессорных выполнено с малым зазором, что не позволяет устанавливать для ремонта там действующее оборудование, за счет малых размеров гидроабразивной установки, можно будет проводить ремонтных работы на этих участках.

Преимущества:

1. Применение абсолютно к любым материалам;
2. Разрезаемый материал не подвергается термическому воздействию (холодное резание);
3. Отсутствие пыли и вредных газов (поток струи воды уносит пыль с собой);
4. Инструмент резки (струя воды или вода + абразив) не нуждается в переточке;
5. Низкое тангенциальное усилие резания на деталь (в общем случае даже не требуется зажима разрезаемого материала);
6. Небольшая, порядка 1 мм, ширина реза (уменьшение отходов и улучшение экономичности раскроя);
7. Высокая скорость резания;
8. Возможность резки сложных контуров по фасонным поверхностям;
9. Рациональный расход материалов;
10. Многофункциональность машинки, эксплуатация при:
 - ремонте нефтепровода;
 - снятии изоляционного слоя при ремонте нефтепровода;
 - демонтаже резервуаров;
11. Система натяжения с двумя крепёжными цепями и пружинными амортизаторами;
12. направляющее устройство для колёс машины;

Был разработан макет гидроабразивного комплекса, специально для предприятия транспортирующих и перерабатывающих нефть/нефтепродукты, для улучшения качества и скорости выполнения ремонтных работ на линейной части и на площадных объектах.



- I – Водяной бак с утепленной обшивкой (для применения в зимнее время);
- II – Гидроабразивная установка; Составляющие: 1 – Центробежный насос для закачки воды; 2 – Фильтр для очистки от примесей и смягчения воды; 3 – Центробежный насос для подачи воды на компрессор; 4 – Система хранения и передачи бестарного абразивного материала; 5 – Клапан пневматический дистанционного управления; 6 – Система дозирования абразивного материала; 7 – Компрессор для подачи воды под давлением; 8 – Дизельный генератор; 9 – Патрубки для подачи материала в сопло (вода, абразив); 10 – КамАЗ 3х3; 11 – Утеплитель водяного бака.

Рисунок 2 - Схема перевозки гидроабразивного комплекса на КамАЗ 3х3

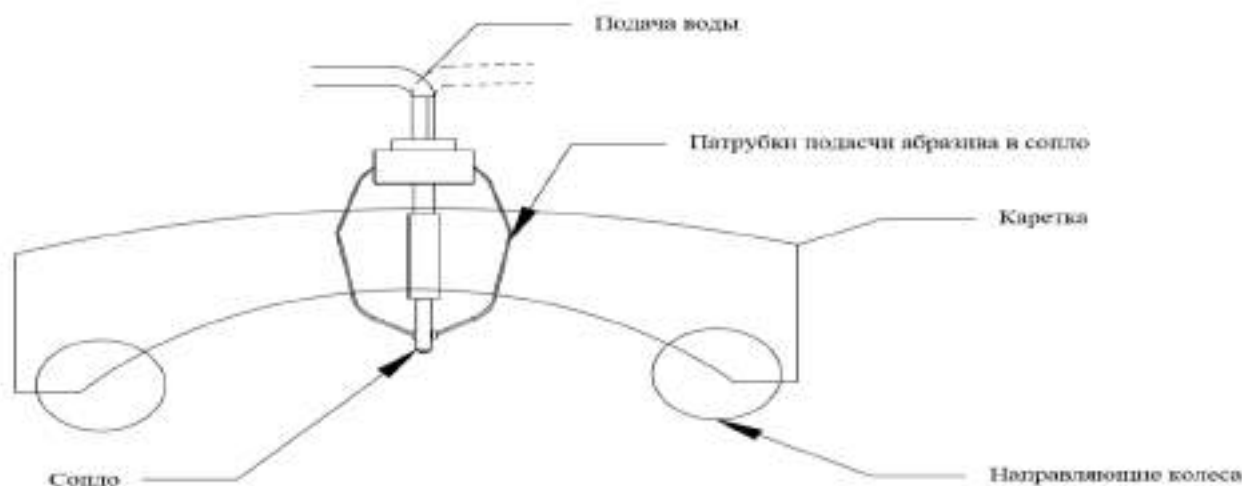


Рисунок 3 - Вид каретки с закрепленным соплом

В данной работе рассмотрено применение гидроабразивной резки при проведении ремонтных работ на объектах, транспортирующих и перерабатывающих нефть/нефтепродукты. Предложен вариант замены механической машинки для безогневой резки труб МРТ, используемой для вырезки катушек на линейной части нефтепровода на мобильную гидроабразивную установку.

Библиографический список:

1. Официальный сайт АО «Транснефть-Север» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://north.transneft.ru/>
2. Официальный сайт ООО «BRASS» [Электронный ресурс]Режим доступа: <https://brass.su/>
3. Гидроабразивная резка Материал из Википедия [Электронный ресурс] Режим доступа:
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B0%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%BA%D0%B0
5. Машины для безогневой резки «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть» «Приволжскнефтепровод» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.s-ng.ru/pdf/main_482.pdf

УДК 621.65.052

Выбор оптимальной температуры подогрева при перекачке высоковязкой нефти по трубопроводу

Черных В.Т., Перегудова А.С.

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

На сегодняшний день процент высоковязкой нефти в общем объеме добычи растет, что прежде всего связано с выработкой высокопродуктивных месторождений.

Так, мировые запасы высоковязкой нефти и природного битума по разным оценкам достигают 0,7-1 трлн. т., что в несколько раз выше запасов нефтей малой и средней вязкости, которые на 2020 год составляют 162 млрд. т. [1].

Странами-лидерами по запасам нетрадиционных ресурсов являются Канада (провинция Альберта) и Венесуэла (район Ориноко), ресурсы тяжелой нефти и битумов которых составляют 523 и 178 млрд. т. соответственно. Также значительными запасами высоковязкой нефти, согласно [1], располагают Россия, США, Мексика и Кувейт.

Запасы тяжёлой нефти России составляют около 6,2 млрд. т., что составляет около 80% от запасов высоковязких нефтей стран СНГ и 0,6 - 0,9 % от мировых запасов [2].

Как было отмечено выше, основные мировые запасы углеводородов сосредоточены именно в тяжелой нефти, что делает их важной частью нефтяной промышленности России и ряда нефтедобывающих стран мира.

Современные технологии в нефтегазовой промышленности свидетельствуют о том, что высоковязкая нефть является причиной множества проблем на каждом этапе ее технологической цепочки. Основной является влияние температуры на ее вязкость.

Для решения проблем загустевания и, как следствие, осложнения транспортировки нефти, необходимо применение специальных технологий, способных оказывать воздействие на ее реологические свойства. Наиболее широко используемым методом транспортировки таких нефтей является «горячая» перекачка.

На основании вышеизложенного можно заключить, что мировые запасы высоковязкой нефти и природного битума в 5 раз превышают запасы нефтей малой и средней вязкости. Поэтому вопросы, связанные с перекачкой нетрадиционных ресурсов, являются актуальными.

Таким образом, целью работы является выбор температуры подогрева при «горячей» перекачке высоковязкой нефти с минимальными эксплуатационными затратами и проведение теплогидравлического расчета согласно действующей документации.

На данный момент времени известно значительное число методов и способов перекачки аномальных нефтей. Однако из-за огромного разнообразия характеристик перекачиваемой жидкости, климатических и геокриологических условий, в которых работают трубопроводы, их протяженности и производительности каждый отдельный способ обладает своими недостатками. Однако, как было отмечено выше, наиболее распространенным способом является «горячая» перекачка, что является следствием следующих положений.

Гидроперекачка применяется только для коротких трубопроводов, что обусловлено неизбежным гравитационным расслоением нефти и воды. Кроме того, при изменении скорости или температуры перекачки возникает опасность инверсии фаз, т.е. превращения эмульсии типа «нефть в воде» в эмульсию типа «вода в нефти».

К угрозам при перекачке газонасыщенных нефтей относится срыв работы центробежных насосов при попадании в них выделившихся в результате отклонения от проектного режима растворённого газа. Также существует опасность разгазирования нефти при остановках трубопровода и образования газовых пробок. Вдобавок перекачка двухфазного потока возможна только на расстояние, не превышающее 100 км, что обусловлено большими потерями на трение.

Для перекачки с углеводородным разбавителем одним из основных критериев является близость доставки легких углеводородов, что влияет на капитальные и эксплуатационные затраты.

Использование электроподогрева экономически целесообразно только при низкой стоимости электроэнергии. Также данный метод может стать причиной снижения пропускной способности из-за неровного нагрева трубы.

Технологии применения депрессаторов, термо- и виброобработки направлены на воздействие на структуру парафина. Однако не все высоковязкие нефти России имеют высокое содержание парафинов (малопарафинистые высоковязкие нефти Татарстана). Также при термообработке и применении депрессорных присадок необходимо нагревать нефть до температуры, превышающей температуру плавления парафинов (50...70 °С), что также свидетельствует о необходимости предварительного подогрева.

Для транспортировки высоковязкой нефти методом «горячей» перекачки был использован алгоритм, представленный в работе [3]. В данном алгоритме (рисунок 1) учтена неизотермичность течения в радиальном и осевом направлении при разных режимах течения. Также математический аппарат позволяет производить расчет эксплуатационных затрат (затраты на перекачку и подогрев нефти) и выбирать наиболее оптимальные параметры для транспортировки продукта.

Обозначения:

- μ – динамическая вязкость, Па·с;
- X – концентрация разбавителя, доли;
- t_0 – температура в начале участка, °С;
- ρ – плотность, кг/м³;
- c_p – удельная теплоемкость смеси, Дж/(кг·С);
- Re – число Рейнольдса;
- t_{cr} – критическая температура, °С;
- $t_{кон}$ – температура в конце участка, °С;
- i_1 – гидравлический уклон при ламинарном режиме;
- i_2 – гидравлический уклон при турбулентном режиме;
- $\Delta H_{(л)}$ и $\Delta H_{(т)}$ – потери напора при ламинарном и турбулентном режиме для изотермического нефтепровода, м;
- $\Delta H_{(л)н}$ и $\Delta H_{(т)н}$ – потери напора при ламинарном и турбулентном режиме при нелинейной перекачке, м;
- ΔH – полные потери напора, м;
- L_t – длина турбулентного участка, м;
- S_m – затраты механической энергии, млн руб/год;
- S_t – затраты тепловой энергии, млн руб/год;
- S_x – затраты на разбавление, млн руб/год;
- S – суммарные затраты, млн руб/год;

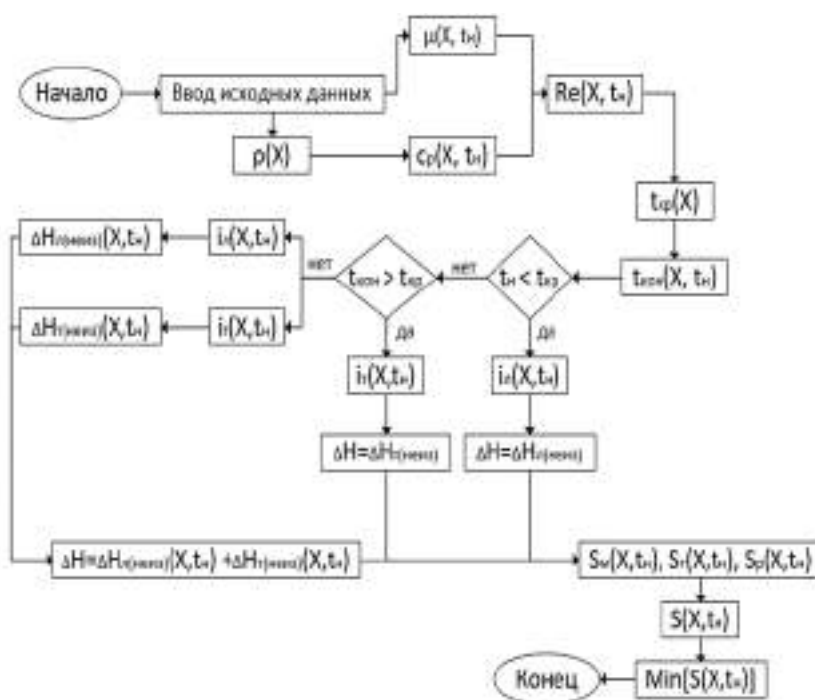


Рисунок 1 – Алгоритм расчета эксплуатационных затрат при «горячей» перекачке высоковязкой нефти

В рамках исследования был рассмотрен участок модельного нефтепровода, предназначенный для перекачки высоковязкой нефти. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные, принятые для расчетов

Параметр	Ед. изм.	Значение
Массовый расход нефти (G)	млн.т/ГОД	10
Внутренний диаметр нефтепровода (d)	мм	510
Длина участка нефтепровода (L)	км	18
Температура окружающей среды (t ₀)	°С	0
Температура застывания нефти (t _{заст})	°С	18
Коэффициент теплопередачи от нефти в окружающую среду при турбулентном режиме перекачки (K _Т)	Вт/(м ² ·К)	13,76
Коэффициент теплопередачи от нефти в окружающую среду при ламинарном режиме перекачки (K _Л)	Вт/(м ² ·К)	12,38
Стоимость единицы механической энергии (σ _м)	руб/Дж	3,9·10 ⁻⁷
Стоимость единицы тепловой энергии (σ _т)	руб/Дж	1,5·10 ⁻⁷
Плотность нефти при 20 °С (ρ _н)	кг/м ³	951,57
Динамическая вязкость разбавителя при 20 °С (μ _р)	мПа·с	1017,47

В результате расчетов эксплуатационных затрат при «горячей» перекачке высоковязкой нефти получена следующая графическая зависимость (рисунок 2). Следует заметить, что транспортировка продукта при температуре меньшей температуры застывания невозможна (красная линия на рисунке 2). Следовательно, минимум затрат при перекачке высоковязкой нефти достигается при температуре подогрева 29 °С и составляет 65,12 млн. руб./год. При этом потери напора на трение, согласно расчетам, составляют 236,1 м, а температура в конце участка равняется 18,1 °С.

В рамках исследований был выполнен теплогидравлический расчет согласно РД-75.180.00-КТН-198-09 [4]. Исходные данные для расчетов взяты из таблицы 1. Температура

подогрева по вышеприведенным результатам принимается равной 29 °С. По документу [4] был составлен алгоритм расчета (рисунок 3).

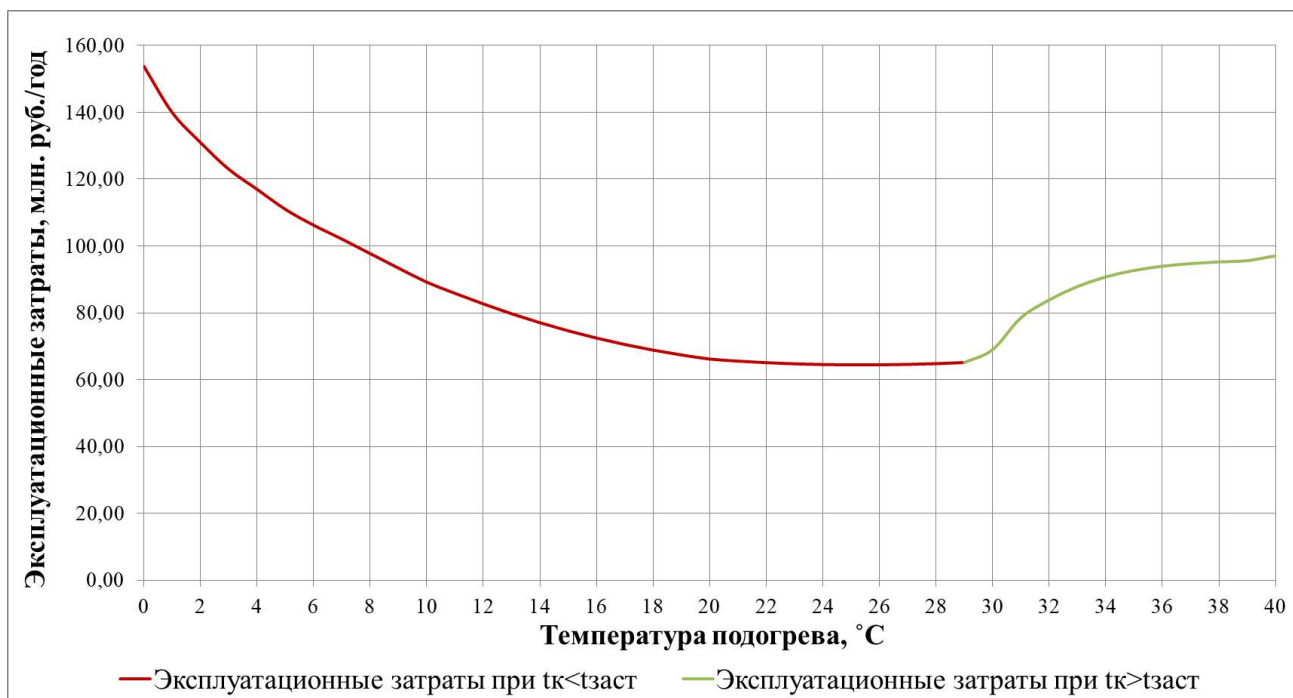


Рисунок 2 – Зависимость эксплуатационных затрат при перекачке высоковязкой нефти от начальной температуры подогрева

Результаты теплогидравлического расчета трубопровода для перекачки высоковязкой нефти с начальной температурой подогрева 29 °С представлены в таблице 2.

Обозначение:

t_n – температура в начале участка, °С;

ρ – плотность нефти, кг/м³;

W – скорость потока нефти, м/с;

γ – скорость сдвига, 1/с;

τ_0 – начальное динамическое напряжение сдвига, Па;

$\mu_{эф}$ – эффективная динамическая вязкость, Па·с;

Re – число Рейнольдса;

Δh – полные потери напора, м;

$Шу$ – параметр Шухова;

u – коэффициент, учитывающий изменение температуры за счет трения, °С;

t_k – температура в конце участка, °С.



Рисунок 3 – Алгоритм теплогидравлического расчета по РД-75.180.00-КТН-198-09

Сравнивая значения потерь напора и конечной температуры на участке нефтепровода, полученных по алгоритму из работы [3] и по РД-75.180.00-КТН-198-09 [4], можно сделать вывод о качестве проведенных расчетов. Это следует из того, что погрешность между разными методиками для потерь напора (236,1 и 245,87 м соответственно) и температурой в конце участка (18,1 и 18,96 °С соответственно) не превышает 5%.

Таким образом, применение «горячей» перекачки для модельного участка нефтепровода позволяет сократить эксплуатационные затраты с 153,84 млн. руб./год до 65,12 млн. руб./год, то есть ее эффективность составляет 57,7 % по отношению к традиционной технологии транспортировки высоковязкой нефти без воздействия на реологические свойства.

Таблица 2 – Результаты теплогидравлического расчета

Параметр	Ед. изм.	Значение
Реологическая модель жидкости		Гершеля-Балкли
Плотность нефти при 29 °С (ρ)	кг/м ³	946,57
Скорость потока нефти (w)	м/с	2,13
Скорость сдвига (γ)	с ⁻¹	8,36
Начальное динамическое напряжение (τ_0)	Па	2,68
Эффективная динамическая вязкость ($\mu_{эф}$)	Па·с	0,483
Число Рейнольдса (Re)		2130
Полные потери напора (Δh)	м	245,87
Параметр Шухова ($Шу$)		0,477
Изменение температуры за счет трения (u)	°С	2,78
Температура в конце участка (t_k)	°С	18,96

Библиографический список:

1. Особенности транспортировки высоковязких нефтяных дисперсных систем / Н. Ю. Башкирцева, О. Ю. Сладовская // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – №. 14. – С. 457-459.
2. Высоковязкие нефти: аналитический обзор закономерностей пространственных и временных изменения их свойств / Ю. М. Полищук, И. Г. Яценко // Нефтегазовое дело. – 2006. – №1. – С. 1-32.
3. Выбор оптимальных параметров при перекачке битуминозной нефти по трубопроводу / Н. В. Чухарева, В. Т. Черных // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – №. – С. 36-42.
4. РД-75.180.00-КТН-198-09 Унифицированные технологические расчеты объектов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. - Введ. 2009.

УДК: 622.691.5:692.1

Расчет и подбор сечения усовершенствованной конструкции фундамента газораспределительной станции

Ревичев К.С.

Научный руководитель – Терентьева М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Газораспределительная станция (ГРС) – одна из важнейших составляющих структуры газовой промышленности России. Назначение ГРС – редуцирование и распределение газа. Такой площадочный объект газораспределения является объектом повышенной опасности, аварии на котором приводят к трагическим последствиям.

В современной практике при ведении любого вида строительства, основной конструкцией является фундамент. Назначение фундамента – передача веса строящегося сооружения на грунт. Наибольшей сложностью на этапе проектирования являются фундаменты на вечномёрзлых грунтах, так как именно вечная мерзлота служит несущим слоем. Известно, что большая часть всей индустрии транспорта газа в России находится в условиях залегания вечномёрзлых грунтов (рисунок 1).

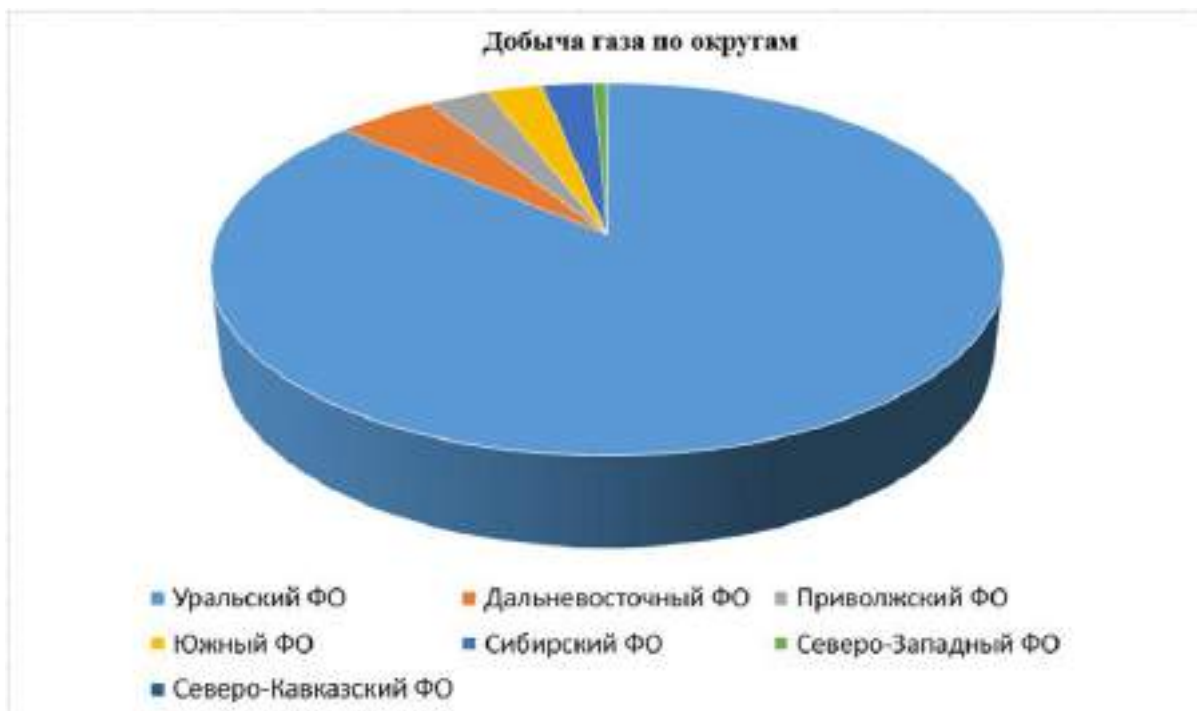


Рисунок 1 - Добыча газа по округам

Как можно заметить, более 80% всей добычи газа находится в условиях залегания вечномёрзлых грунтов. Согласно этому, более 80% всей инфраструктуры газовой промышленности находится в опасности. Исходя из данных [3], ежегодно происходит повышение среднегодовой температуры грунтов на 1-2°С, что приводит к растеплению вечной мерзлоты, как следствие, происходит потеря несущей способности грунтов [2].

Причины аварий на ГРС

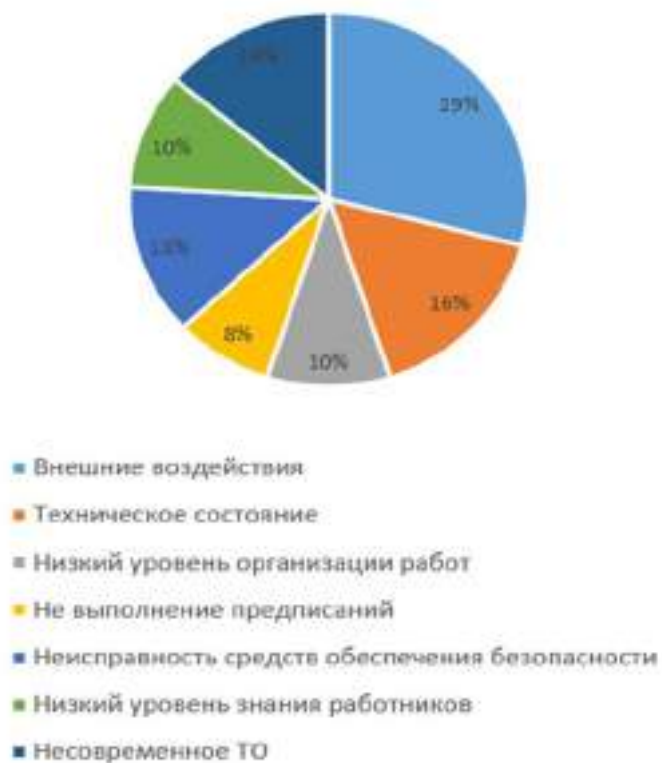


Рисунок 2 - Причины аварий на ГРС.

Решением данной проблемы может стать совершенствование конструкции фундамента, в данном случае фундаментов под ГРС. Суть совершенствования конструкции – объединение трех основных технологических блоков на единую пространственную плиту, что снизит риск смещения и просадки этих блоков друг относительно друга, а это значительно снизит количество точек напряжения в линейной части газораспределительной станции, что снизит эксплуатационные расходы.

Возьмём три основных технологических блока, представляющих собой:

1. Узел переключений;
2. Блок технологический №1, включающий в себя узел отчистки газа, узел предотвращения гидратообразования и систему подготовки импульсного газа;
3. Блок технологический № 2, включающий в себя узел редуцирования, узел измерения расхода газа, узел поточного анализа.

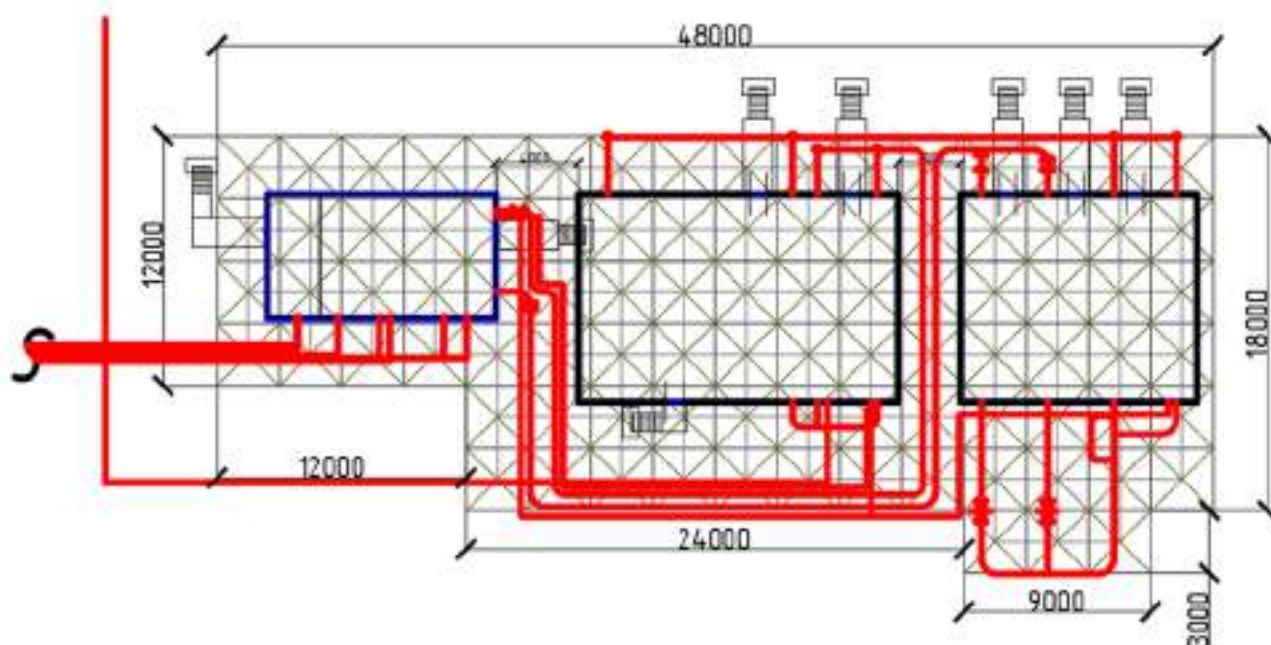


Рисунок 3 - Размещение технологических блоков на пространственную структуру.

Преимуществом данного решения является: жесткость конструкции, что снижает риск потери устойчивости и неравномерной осадки всех блоков друг относительно друга; унификация при возведении данной конструкции, то есть использование одного материала при возведении; возможность исполнения как на строительной площадке, так и в заводских условиях; малые трудозатраты при доставке строительных материалов.

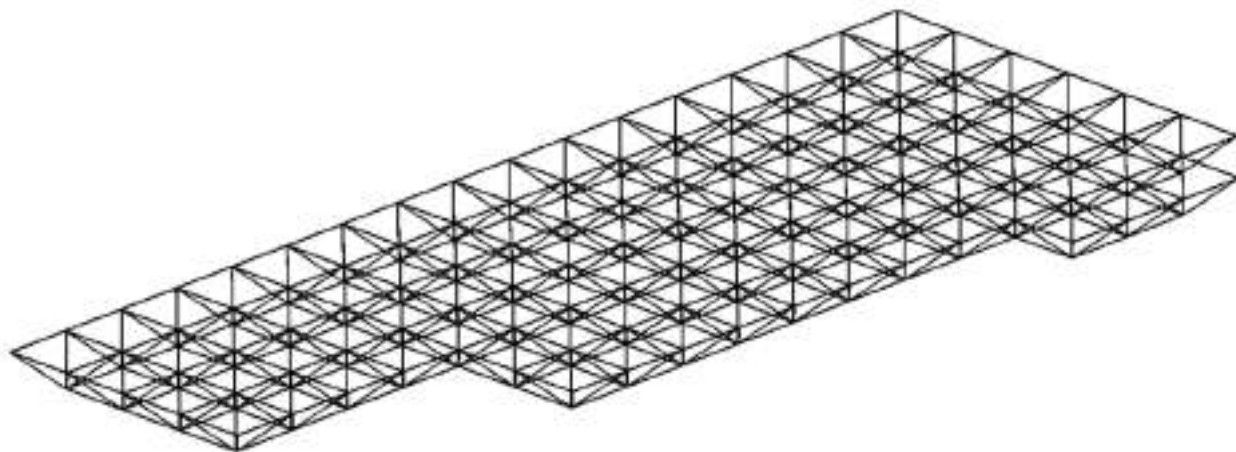


Рисунок 4 - Общий вид пространственной конструкции.

Моделирование и расчёт осуществляется в программном комплексе «ЛИРА – СПАПР 2013». Результатом моделирования получаем следующие значения усилий:

1. Максимальные значения усилий N равны 1670,07 кН;

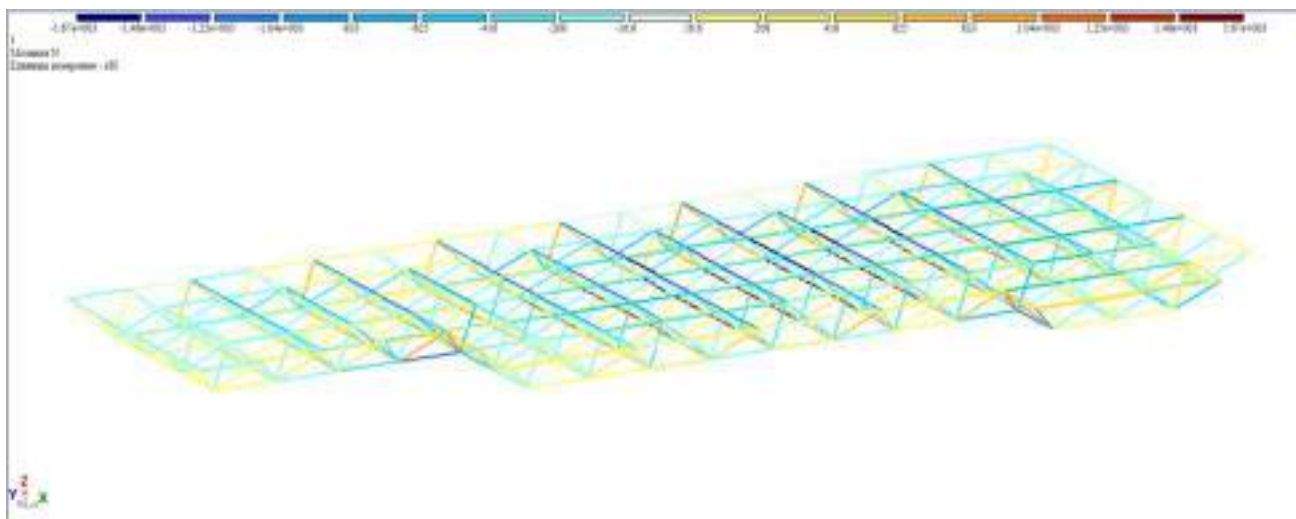


Рисунок 5 - Мозаика усилий N.

2. Максимальное значение момента M_u равно 61,4 кН*м.

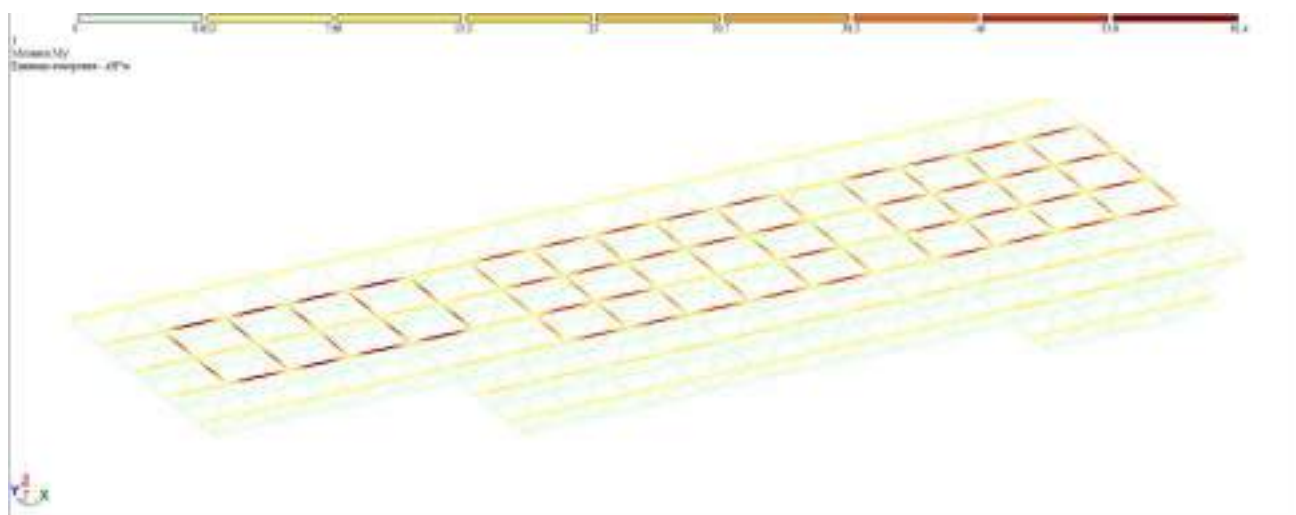


Рисунок 6 - Мозаика усилий M_u .

По этим данным в программном комплексе «ЛИРА – СПАПР 2013» происходит автоматизированный подбор сечения элементов конструкции. Выбираем самые загруженные элементы конструкции.

Для верхнего пояса подобранное сечение 70x12 мм (см. рис. 7).

69	ТБ70 x 12	09Г2С
----	-----------	-------

Рисунок 7. Подбор верхний пояс.

Для нижнего пояса подобранное сечение 95x12 мм (см. рис. 8).

156	ТБ95 x 12	09Г2С
-----	-----------	-------

Рисунок 8. Подбор нижний пояс.

Для раскосов подобранное сечение 95x13 мм (см. рис. 9).

224	ТБ95 x 13	09Г2С
-----	-----------	-------

Рисунок 9. Подбор раскосы.

После автоматизированного расчета производим расчёт ручной с использованием программы Microsoft Excel. Как правило, конструктивный расчет конструкции проводят с

целью подбора и проверки сечения всех элементов конструкции. Как известно, работа каждого элемента конструкции осуществляется по-разному – одни элементы работают на сжатие, другие элементы конструкции работают на растяжение. Подбор сечения таких элементов так же осуществляется разными способами [1].

Подбор сечения для растянутых элементов рассчитывается из условия прочности:

$$\frac{N}{AR_y\gamma_c} \leq 1$$

Подбор сечения для сжатых элементов рассчитывается из условия устойчивости:

$$\frac{N}{A\varphi R_y\gamma_c} \leq 1$$

где N – расчетное усилие в элементе; A – площадь поперечного сечения элемента; φ – коэффициент продольного изгиба; R_y – расчетное сопротивление стали по пределу текучести; γ_c – коэффициент условий работы.

В целях упрощения и повышения технологичности конструкции для сечений элементов производят унификацию. В нашем случае расчет производится наиболее загруженных элементов поясов структуры, после чего для всех элементов конструкции выбирается сечение с наибольшей площадью поперечного сечения из подобранных.

В результате подбора сечения вручную получаем следующие значения:

Верхний пояс - труба 127x5 мм с площадью сечения 19,6 см².

Нижний пояс - труба сечением 76x5 мм с площадью сечения 11,15 см².

Исходя из проведенных расчётов, можно заметить, что подобранные сечения в автоматизированном подборе сечения и в ручном различаются. Это вызвано тем, что при ручном расчете происходит округление значений коэффициентов условия работы, а также коэффициентов запаса прочности элемента.

Библиографический список:

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. – М.: АО "НИЦ "Строительство" - ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, МГСУ, СПбГАСУ. – 2017. – 166 с.
2. Сухарев М.Г., Лапина А.Г., Калинина Э.В. Статический анализ аварийности газораспределительных систем // Территория нефтегаз. – 2010. - №4. – С.16-19.
3. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А., Григорьев М.Н. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования // Оценочный отчет // GREENPEACE. – 2010. – 42 с.
4. Колотов О.В. Металлические конструкции: учебное пособие. / О.В. Колотов.– Н. Новгород: ННГАСУ. – 2010. –100 с.

УДК 621.438:622.691.4.052

Исследование загрязнений осевого компрессора ГТУ и способов их очистки

Шелгинский И.Д.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В газотранспортной системе России одним из основных элементов является компрессорная станция с газоперекачивающими агрегатами. ГПА предназначен для компримирования природного газа, поступающего на компрессорную станцию из магистрального газопровода. В качестве привода ГПА могут использоваться электрические, газомоторные и газотурбинные двигатели. На сегодняшний день наиболее распространены ГПА с газотурбинным приводом, современный фонд газотурбинных ГПА составляет примерно 86% от всего парка [1].

Эксплуатация газотурбинных установок связана с потреблением большого количества атмосферного воздуха. Воздух, всасываемый компрессором, в любых условиях эксплуатации будет иметь в своем составе некоторое количество примесей.

Для очистки воздуха от пыли на входе в компрессор размещается воздухоочистительное устройство, состоящее из нескольких ступеней очистки. Тем не менее, даже с помощью современных многоступенчатых фильтров не удается обеспечить полную очистку и защиту проточной части компрессора.

Присутствие в цикловом воздухе примесей зависит от территориального расположения компрессорной станции с ГПА. Например, для степной и пустынной местности главным источником загрязнения будет – пыль, особенно опасны для ГТУ районы, где бывают пылевые бури; в прибрежной морской зоне для эксплуатируемых установок – морская соль; в лесистых районах – пыльца растений и насекомых. Известно, что и деятельность человека оказывает сильное влияние на состояние окружающей среды: выброс промышленных предприятий, электростанций, обрабатываемые сельскохозяйственные угодья, выбросы автотранспорта и др. Поэтому компрессорные станции, расположенные вблизи с объектами человеческой деятельности, в составе отбираемого воздуха будут иметь продукты промышленной деятельности человека.

Загрязнение проточной части может происходить и от воздействия внутренних частей ГТУ. Источниками внутреннего загрязнения считаются все инородные частицы, образованные оборудованием ГТУ, например, протечки масла и его паров, исходящие из негерметичных разъемов и уплотнений подшипников, маслоохладителей; продукты неполного сгорания топлива; капельная влага и жидкости из систем охлаждения; отслоившиеся частицы и окалины.

На лопаточном аппарате ОК образуется 2 вида отложений: плотные и рыхлые. Плотные отложения образуются из-за слипания спекшихся частиц, поверхность таких отложений достаточно сильно шероховата и имеет бугорки. Такие отложения значительно увеличивают гидравлическое сопротивление и потери на трение, а также снижают мощность ГТУ. Рыхлые образования представляют собой мелкодисперсную пыль, такие налеты легко удаляются, но в случае их взаимодействия с влагой и маслом – образуют стойкие соединения.

Интенсивность образования зависит от вида пыли, их сочетаний и концентрации, от конструкции проточной части, режима работы и цикла ГТУ. Также одной из главных причин образования налета является наличие липких примесей и капельной влаги в атмосферном воздухе.

Большое влияние на количество отложений влияет размер частицы. Установлено, что наиболее оседающими являются мелкие частицы размером менее 2 мкм [5].

Толщина отложений зависит от сухости и липкости пыли. Мелкая липкая пыль, содержащая в себе органические частицы или частицы масел, быстрее образует отложения, чем сухая минеральная пыль.

Особое место в исследованиях занимает вопрос о распределении загрязнений вдоль проточной части компрессора. Как показали наблюдения, наиболее сильному загрязнению подвергаются первые ступени [6]. Основная масса отложений скапливалась на лопатках входного направляющего аппарата и на лопатках первых четырех ступеней. Также было отмечено, что на выпуклых поверхностях лопаток образуется больше отложений, чем на вогнутых.

Загрязнение проточной части осевого компрессора ГТУ непременно приводит к снижению полезной мощности и КПД. Основываясь на исследованиях, было обнаружено, что загрязнение проточной части приводит к снижению расхода воздуха до 6% и КПД осевого компрессора на 3%, что, в свою очередь, вызывает снижение значений полезной мощности ГТУ до 10% и КПД ГТУ до 2-5% [4]. Такое снижение наблюдается первые 100 – 500 часов, затем наблюдается стабилизация параметров примерно на этом же уровне. Похожие данные приводят в работе [5]. В данной работе отмечается, что по исследованиям компании Дженерал Электрик, при загрязнении осевого компрессора происходит снижение его производительности на 5%, снижение отношения давлений на 5,5% , полезной мощности ГТУ – на 13% и при этом удельный расход тепла увеличивается на 6%.

Для предотвращения изменения параметров ГТУ в худшую сторону на входе в ОК применяются фильтры высокой степени, но как отмечалось выше, такие фильтры не способны полностью очистить цикловой воздух. Поэтому для восстановления параметров ГТУ во время эксплуатации применяются различные виды очисток проточной части осевого компрессора ГТУ.

Очистку воздушного трата осевого компрессора выполняют на работающей или неработающей ГТУ.

Очистка на неработающей ГТУ связана с полной разборкой проточной части и промывкой каждой лопатки отдельно. Такой вид очистки является самым эффективным и качественным, но в то же время – дорогим и трудоёмким для проведения работ на компрессорной станции.

Очистка на работающей ГТУ происходит с помощью специальных твердотельных очистителей (сухая очистка) и жидких растворов (промывка). При эксплуатации очистка на работающем агрегате происходит в режиме «холодной прокрутки» или в режиме «на ходу».

Очистку твердыми очистителями, как правило, проводят в режиме «на ходу», то есть на работающем под нагрузкой агрегате. При работе ГТУ через специальный бункер с помощью пневматической системы происходит подача абразивных частиц на вход осевого компрессора. В качестве очистителей используются такие вещества как: молотая скорлупа орехов и фруктовых косточек. Основное преимущество метода – нет необходимости остановки ГТУ для ополаскивания после очистки.

Такой метод очистки достаточно недорогой, но имеет существенные недостатки. При проведении сухой очистки может произойти нарушение работы оборудования в связи с закупориванием уплотнений и каналов смазки. Поэтому должны быть предусмотрены меры для предотвращения их засорения.

Для проведения сухой очистки применяются мелкие абразивные частицы. При взаимодействии их с элементами проточной части может произойти повреждение защитных покрытий лопаток и покрытий проточной части, наносимых для уменьшения радиальных зазоров. Также некоторые производители ГТУ применяют специальное покрытие лопаток для обеспечения меньшей прилипаемости загрязняющих частиц, это покрытие аналогично первому может быть повреждено в ходе сухой промывки.

В связи с имеющимися недостатками промывки твердой крошкой в эксплуатации современных ГТУ применяется метод промывки с помощью жидких растворов и воды.

Используется две технологии жидкостной промывки – «на ходу» и на холодной прокрутке.

Промывка «на ходу» представляет собой процесс впрыскивания моющего раствора в компрессор, работающий на полной скорости и при номинальной нагрузке. Преимущество такого способа состоит в том, что промывка проводится без остановки ГТУ.

Промывка в режиме холодной прокрутки представляет собой впрыскивание моющего средства последующим ополаскиванием проточной части компрессора во время его вращения на частоте прокручивания (холодной прокрутки). Промывка осуществляется на остановленной ГТУ, компрессор приводится во вращение от пускового устройства.

При обоих видах промывки впрыск очистителя проводится через специальную систему форсунок (рис.1), расположенную у воздухозаборника. Форсунки устанавливаются по всей окружности входного направляющего аппарата, на внутренней поверхности, через равные промежутки. Конструктивное исполнение и установка исключают отсоединение или попадание посторонних предметов в проточную часть. Система форсунок должна обеспечивать полное смачивание лопаток компрессора, оптимальный размер капель и эффективную очистку всех ступеней.

Оценка качества промывки происходит по прозрачности сливаемой жидкости, компрессор необходимо ополаскивать до момента пока промывочная жидкость не будет полностью прозрачной (рис.2).



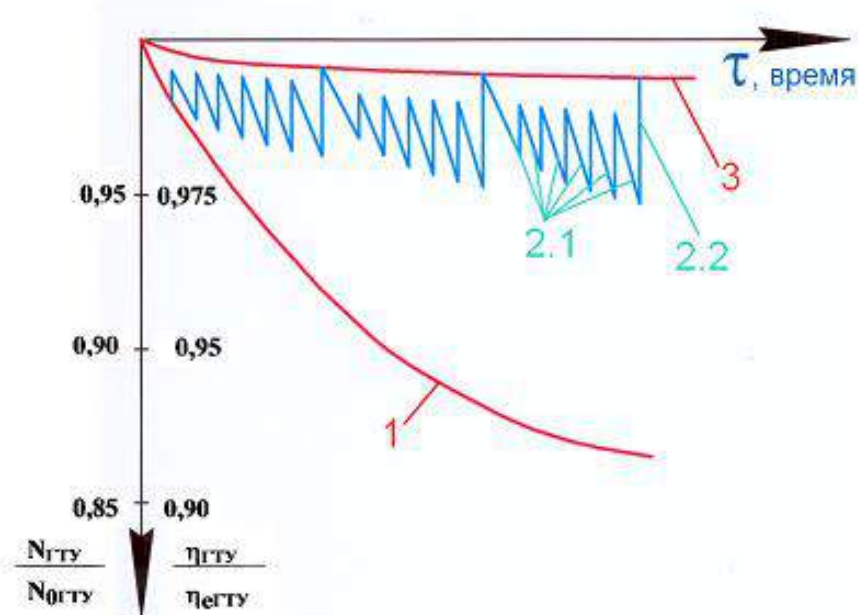
Рисунок – 1 Система форсунок промывки компании «GTE»



Рисунок – 2 Отбор моющей жидкости после промывки

Промывка «на ходу» считается менее эффективной, чем промывка в режиме холодной прокрутки, поэтому промывка «на ходу» не заменяет промывку на холодной прокрутке, а дополняет её, увеличивает интервалы между промывками на холодной прокрутке.

Специалистами компании «Turbotect» был выведен график зависимости относительной мощности и КПД ГТУ от времени и условий эксплуатации (рис. 3)



1 – без промывки, 2.1 – с промывкой на ходу, 2.2 – с промывкой на холодной прокрутке, 3 – «старение» ГТУ.

Рисунок – 3 График зависимости относительной мощности и КПД ГТУ от времени и условий эксплуатации

Таким образом, можно сделать вывод, что загрязнение проточной части осевого компрессора – неизбежное явление во время эксплуатации ГТУ в различных условиях окружающей среды. Постепенное увеличение скопления отложений на рабочих и направляющих лопатках приводит к заметному уменьшению КПД и выходной мощности ГТУ.

Как показали исследования, очистка осевого компрессора ГТУ является необходимой процедурой для поддержания энергоэффективной и устойчивой работы компрессора на различных режимах работы и нагрузки ГТУ.

Метод очистки ОК промывкой водой или моющим средством является наиболее выгодным и надежным, так как нет необходимости в полной разборке компрессора и нет вероятности засорения каналов или повреждения лопаточного аппарата мелкими абразивными частицами.

Библиографический список:

1. Повышение эффективности газоперекачивающих агрегатов: проблемы и решения / Е.М. Комаров, Ж.М. Кокуева // ВЕСТНИК МГТУ им. Н.Э.Баумана. – 2019. - №5. – с.104-118. Текст: непосредственный.
2. Загрязнение и очистка проточных частей осевых компрессоров газотурбинных установок / А.В. Щуровский, А.П. Левыкин // ВНИИЭГАЗПром. Серия – Транспорт и хранение газа. – 1986. - №11. – с.28. Текст: непосредственный.
3. Совершенствование систем промывки проточной части компрессоров газотурбинных установок/ К.Г. Харченко, А.А. Чернышев //Актуальные проблемы энергетики. – 2016. – с.328-331. Текст: непосредственный.
4. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М., Энергоатомиздат. 1985, 304 с.;

Мероприятия по ремонту участка магистрального газопровода подверженного коррозионному растрескиванию под напряжением

Волкова С.А.

Научный руководитель – Алефиров И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Важной задачей эксплуатации трубопроводного транспорта является сохранение работоспособного состояния линейной части магистральных газопроводов.

На сегодняшний день большая часть магистральных газопроводов выполнена в подземном исполнении. На подземные трубопроводы воздействуют коррозионно-активные грунты. Под воздействием коррозионного износа металла происходит утонение стенки труб, что приводит к аварийным ситуациям на МГ.

Как следствие, большинство дефектов на газопроводах появляется в результате коррозионных и механических повреждений, определение места и характера которых связано с рядом трудностей и высокими материальными затратами.

Для анализа причин и прогнозирования ожидаемой интенсивности аварий были использованы данные и обобщения, находящиеся в открытом доступе, в том числе в ежегодных отчетах Ростехнадзора. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

№	Причина	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ИТОГО:
1	Механическое воздействие	1	1	1	4	1	3	1	2	0	4	3	4	2	27
2	Коррозия металла трубы	15	6	6	5	6	2	6	8	5	2	4	0	1	66
3	Повреждения в результате природных явлений	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	2	1	7
4	Износ оборудования	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	1	0	6
5	Брак строительства/изготовления	4	8	2	2	6	3	0	0	3	0	1	0	1	30
6	Конструктивные недостатки(брак изделия)	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
7	Ошибочные действия персонала при эксплуатации	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
ИТОГО:		21	16	9	14	16	9	8	10	8	13	8	7	5	

Рисунок 1 – Результаты анализа сведений, содержащихся в ежегодных отчетах о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

Из вышеприведенных данных видно, что наибольшее число аварий на линейной части МГ происходило вследствие коррозии (46%), брака строительно-монтажных работ (21 %) и механических повреждений (19 %).

Цель работы – обоснование длительной работоспособности труб с повреждениями, образованными по механизму коррозионного растрескивания под напряжением

Коррозионное растрескивание металла труб под напряжением представляет собой особый вид разрушений, проявляющийся на внешней поверхности труб в виде трещин в одном направлении, развивающиеся во времени и приводящие к разрыву трубы. Особенностью этого явления является неопределенность, как в моментах протекания процесса, от зарождения трещин до их превращения критическую трещину, так и во времени, необходимом для этого. Образованию и протеканию КРН способствует множество факторов, таких как состояние изоляции, грунтовые воды, коррозионная активность грунта, напряженно-деформированное состояние МГ и др[2].

Несмотря на актуальность и важность этой проблемы, методы борьбы с КРН имеют ряд существенных недостатков.

Довольно низкой остается достоверность средств диагностики, в особенности к поперечному КРН, которое, в независимости от размеров, не выявлялось при внутритрубной диагностике (ВТД). К тому же, отсутствовали способы предотвращения поперечного КРН.

Комплексная оценка потенциально опасных участков, подверженных появлению поперечного КРН, включает в себя аналитические и диагностические виды работ, выполняемые в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2[1].

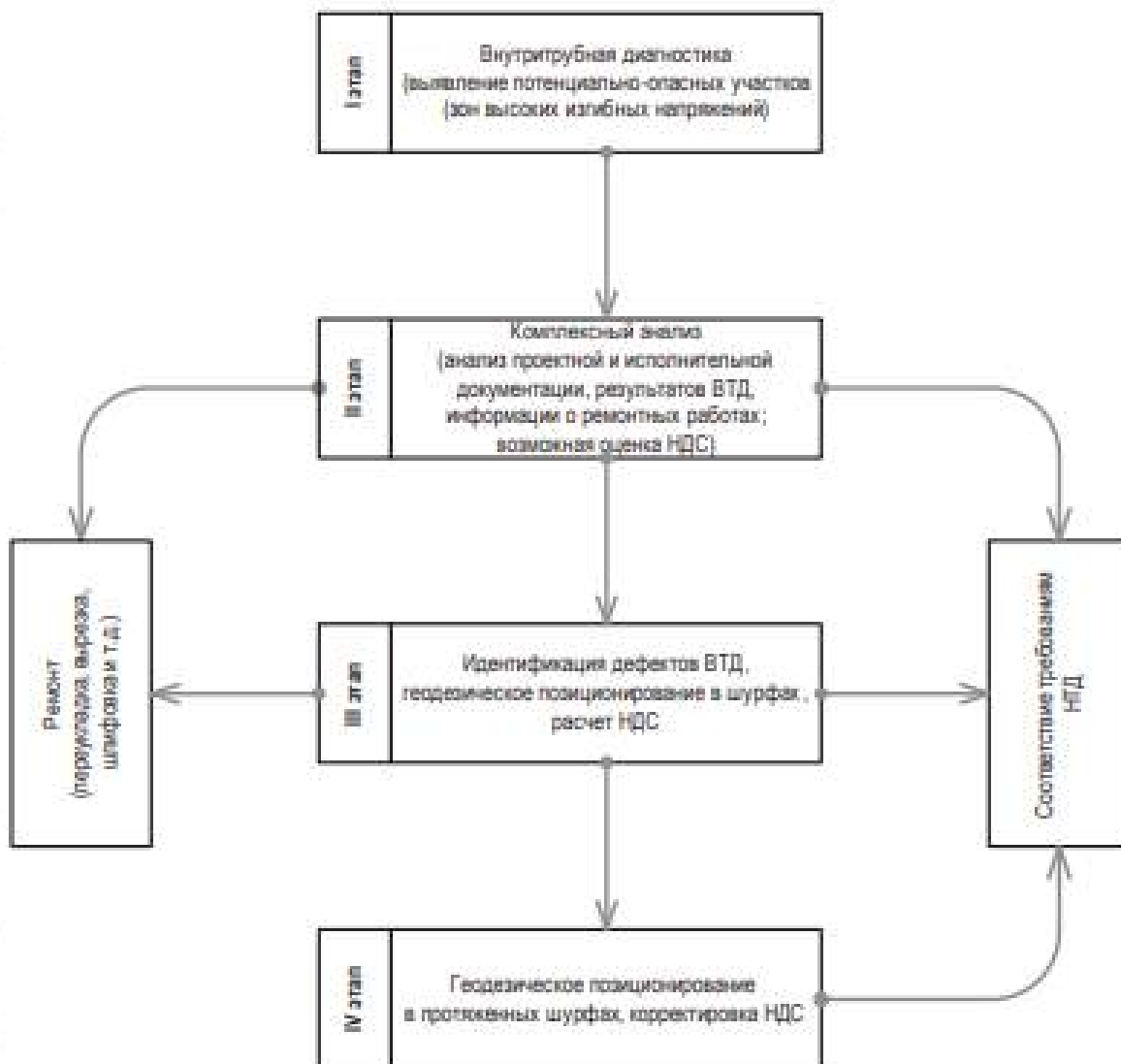


Рисунок 2 – Алгоритм комплексной оценки

I этап. Внутритрубная диагностика. В отчете по данному типу работ приводится перечень потенциально опасных участков, где продольные напряжения могут иметь величину порядка 70% от предела текучести. На таких участках инженеры-дефектоскописты более углубленно анализируют дефекты основного металла трубы и сварных стыков, на наличие возможных дефектов поперечного КРН. Определяют участки с нарушением проектного положения газопровода по вертикали и наличием кривых холодного гнутья.

II этап. Комплексный анализ. Эксплуатирующей организацией выполняются аналитические работы, включающие анализ документации (проектной и исполнительной), результатов ВТД, информации о проведении ремонтно-профилактических работ, о типах устраненных дефектов, а также выполняют оценку напряженно-деформированного состояния магистрального газопровода.

Анализ результатов ВТД производится по двум направлениям: сравнение результатов измерения углов поворота и радиуса изгиба газопровода по вертикали и выявление на ПОУ дефектов основного металла трубы в кольцевой ориентации.

Анализ информации о ремонтных работах представляет собой определение мест устранения дефектов на газопроводе, их видов и параметров.

III этап. Идентификация дефектов и геодезическое позиционирование в шурфах. На данном этапе принимаются следующие решения:

- для недопустимых или развивающихся дефектов - ремонт участка;
- при соответствии требованиям нормативно-технической документации оставить без обследования и ремонта до следующего проведения обследования.

IV этап. Корректировка НДС ПОУ. На данном этапе предписывается порядок ремонта ПОУ, с точки зрения поперечного КРН.

Один из разделов относится к участкам без дефектов или участкам с дефектами, техническое состояние которых соответствует требованиям нормативно-технической документации. Также возможно применение для участков, прошедших ремонт дефектов при: закреплении пространственного положения участка с допустимыми значениями НДС; корректировке пространственного положения участка, НДС которого не соответствует требованиям НТД.

Выводы:

1. Современная система диагностики и ремонтно-профилактических работ газопроводов позволяет сдерживать аварийность по причине КРН на приемлемом уровне.

2. По результатам анализа данных капитального ремонта МГ установлено, что глубина 90% дефектов КРН не превышает 10% от толщины стенки трубы вне зависимости от сроков их эксплуатации и производителя труб. Результаты представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Распределение дефектов, образованных по механизму КРН

Библиографический список:

1. Чучкалов М.В. Разработка технологии выявления и ремонта участков газопроводов, подверженных поперечному коррозионному растрескиванию под напряжением // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2014. - №3. – С. 3-5.
2. Аскарлов Р.М., Галлямов М.М., Дистантов Р.Ю. О дефектах поперечного КРН на газопроводах ООО «Газпром трансгаз Уфа» // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – №5. – С. 56-60.

Активная катодная защита газопроводов от коррозии

Юрецкая Н.Н.

Научный руководитель - Вишератин В.А.

Ухтинский технический лицей им. Г. В. Рассохина», г. Ухта, Россия

Процессы коррозии приводят к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части трубопроводов, сокращают межремонтные сроки оборудования, вызывают дополнительные потери транспортируемого продукта, поэтому изучение процессов коррозии в сфере добычи газа и нефти является актуальным.

Это и подтолкнуло меня к исследованию. Мною была выдвинута гипотеза: активная катодная защита имеет лишь один минус – необходимость частой замены анода, поэтому следует изменить его материал. Из гипотезы вытекает цель: усовершенствование катодной защиты газопровода вследствие систематизации приобретённых сведений. Для решения поставленной цели необходимо было решить комплекс задач: узнать про понятие коррозии металлов; рассмотреть способы защиты газопроводов от коррозии; взять интервью у специалиста, провести анкетирование среди учеников; провести эксперимент по изучению процессов коррозии; смоделировать концепт газопровода с катодной защитой; систематизировать и обобщить приобретённые сведения; подобрать необходимый материал для анода. Методы: библиографический анализ литературы и материалов сети интернет; интервьюирование и анкетирование; описание, обобщение, сравнение и систематизация данных; моделирование концепта. Объект исследования: процессы коррозии металлов, способы защиты газопроводов, опыт создания подобных установок в России. Предмет исследования: публикации, научные статьи, результаты анкетирования и интервью. Практическая значимость исследования: изучение процессов коррозии является основой для поиска пути экономии средств и увеличения срока работы газопроводов и, как следствие, развитию отрасли. Практическая значимость нового материала для анода: улучшение срока работы анода увеличит качество и время катодной защиты

Можно выделить 3 признака, которые характеризуют коррозию. Коррозия – это с химической точки зрения процесс окислительно-восстановительный. Коррозия – это самопроизвольный процесс, возникающий по причине неустойчивости термодинамической системы металл – компоненты окружающей среды. Коррозия – это процесс, который развивается в основном на поверхности металла. Однако не исключено, что коррозия может проникнуть и вглубь металла.

По механизму протекания коррозионного процесса, зависящему от характера внешней среды, с которой взаимодействует металл, различают химическую и электрохимическую коррозию. По площади коррозионного разрушения различают сплошную (общую) и местную. По скорости распространения можно выделить равномерную и неравномерную коррозии. Типы по виду коррозионного повреждения самые многочисленные: пятнами, язвенная, точечная, подповерхностная, межкристаллитная, коррозионное растрескивание, структурно-избирательная.

Коррозионная ситуация, в которой находится металлический трубопровод в грунте, зависит от большого количества факторов, связанных с грунтовыми и климатическими условиями, особенностями трассы, условиями эксплуатации. К таким факторам относятся: влажность грунта, химический состав грунта, кислотность грунтового электролита, структура грунта, температура транспортируемого газа.

Способы защиты от коррозии.

1. Металлические покрытия.

Металлическое покрытие наносится на металл, который нужно защитить от коррозии, слоем другого металла, устойчивого к коррозии в тех же условиях. Если металлическое покрытие изготовлено из металла с более отрицательным потенциалом, чем защищаемый, то

оно называется анодным покрытием. Если металлическое покрытие изготовлено из металла с более положительным потенциалом, чем защищаемый, то оно называется катодным покрытием.

2. Неметаллические покрытия.

Неметаллические покрытия могут быть неорганические (цементный раствор, стекловидная масса) и органические (высокомолекулярные соединения, лаки, краски, битум).

3. Химические покрытия.

В этом случае защищаемый металл подвергают химической обработке с целью образования на поверхности пленки его соединения, устойчивой к коррозии. Сюда относятся: оксидирование, фосфатирование, азотирование, воронение стали, цементация.

4. Изменение состава технического металла и коррозионной среды.

Изменение химического состава стали способствует повышению стойкости металла к коррозии. В металл вводят такие соединения, которые увеличивают его коррозионную стойкость. Изменение состава коррозионной среды тоже является средством защиты металла от коррозии.

5. Электрохимическая защита.

Электрохимическая защита основывается на присоединении защищаемого сооружения катоду внешнего источника постоянного тока, в результате чего оно становится катодом. Протекторная защита – один из видов электрохимической защиты – заключается в следующем. К защищаемому сооружению присоединяют пластины более активного металла, который называется протектором. Соединение протектора и защищаемого сооружения проводником тока, приводит к разрушению протектора.

б. Активная катодная защита.

Катодную защиту трубопроводов от коррозии разработали еще в девятнадцатом столетии. Эта методика на настоящий момент считается самой эффективной технологией антикоррозионной защиты.

Существует два типа катодной защиты металлических сплавов. Первый вариант предполагает то, что металлическая деталь становится катодом, а анодами выступают внешние электроды. Второй способ — гальваника. При этой технологии в качестве анода выступают оба металла. Самым распространенным сегодня считается первый вариант, так как он является более быстрым и простым. Гальваническая технология популярна на территории США, в нашей же стране она почти не применяется.

Однако активная катодная защита обладает определенными недостатками. Например, если сдвиг потенциала произойдет в отрицательную сторону или превысит допустимое значение, возможна так называемая перезащита, связанная с выделением водорода, изменением состава приэлектродного слоя и другими явлениями, что может привести к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН). Анод требует периодической замены, так как со временем происходит его разрушение.

Критерии опасности коррозии и показатели её скорости.

Скорость коррозии стали определяют по потере массы металла и по глубинному показателю по ГОСТ 9.908.

Скорость коррозии по потере массы, Км, г/м² · год, рассчитывают по формуле:

$$K_M = \Delta m / (S \cdot t)$$

Δm – потеря массы, г; S – площадь поверхности металла, контактирующей с коррозионной средой, на которой определяют скорость коррозии, м²; t – время, за которое определяется скорость коррозии, год

Скорость коррозии по глубинному показателю, Кг, мм/год, рассчитывают по формуле:

$$K_\Gamma = \delta / t$$

δ – глубина коррозии металла, мм ; t – время, за которое определяется скорость коррозии, год.

Основным показателем опасности коррозии является скорость коррозии. Оценка опасности коррозии осуществляется на основе показателя допустимой скорости коррозии, Кдоп, которая определяется по формуле:

$$K_{\text{доп}} = \frac{Y}{T}$$

У – допустимая величина утонения, мм; Т – расчетный срок службы сооружения, год
Критерием опасности коррозии является превышение значения фактической скорости коррозии К по отношению к допустимой скорости коррозии К_{доп}:

$$K > K_{\text{доп}}$$

Для проектируемых объектов в качестве значения фактической скорости коррозии принимается прогнозируемая величина скорости коррозии. На основе данных о допустимой и фактической (прогнозируемой) скорости коррозии проводится выбор оптимального способа защиты.

Факторами опасности коррозии стальных сооружений являются: коррозионная агрессивность среды (грунта, морской воды, промышленных сред, атмосферы); опасное действие блуждающих и индуцированных токов.

Оценка коррозионной агрессивности атмосферы по отношению к стали осуществляется по величине коррозионных потерь в соответствии с ГОСТ 9.039.

Показатели коррозионной опасности, вызываемой влиянием переменного тока, в зависимости от величины плотности переменного тока приведены в следующей таблице:

Таблица 1 - Показатели коррозионной опасности, вызываемой влиянием переменного тока

Плотность переменного тока, А/м ²	Вероятность кор. опасности	Примечание
До 20	Отсутствует	Дополнительные меры не требуются
От 20 до 100	Возможна	Требуется контроль
Более 100	Вероятна	Требуется применение технических решений по ограничению воздействия

Ранжирование зон коррозионной опасности подземных трубопроводов в зависимости от скорости коррозии приведено в следующей таблице:

Таблица 2 - Ранжирование зон коррозионной опасности трубопроводов

Степень коррозионной опасности	Скорость коррозии, мм/год
Высокая	Более 0,3
Повышенная	От 0,1 до 0,3
Умеренная	Менее 0,1

Анализ знаний учеников о коррозии.

Мною был проведён опрос среди учеников лицея 10 «А» класса чтобы выяснить, знают ли они про процессы коррозии и методы защиты от них. Были предложены следующие вопросы исследования. 1. Знаете ли вы, что такое коррозия? 2. Если да, то напишите краткое значение данного термина. 3. Предположите, какие есть способы защиты от коррозии. Проанализировав ответы, можно увидеть, что многие ученики не имеют чёткого представления о процессе коррозии. Были предложены 6 вариантов защиты газопроводов, которые были очень схожи между собой.

Изучение опыта защиты газопроводов от коррозии в России.

Наиболее совершенной среди применяемых на территории РФ станций катодной защиты признаётся «Минерва-3000» (проект СКЗ по заказу «Газпрома» был создан французскими инженерами). Станции катодной защиты «МИНЕРВА-3000» производства ЗАО «КАТОДЪ» многие годы используются в условиях Крайнего Севера и отлично себя зарекомендовали как надёжный источник защитного потенциала, не требующий постоянного технического обслуживания, что немаловажно при эксплуатации в труднодоступных районах. Одна такая станция позволяет обеспечить безопасность около 30 км пролегающего под землей трубопровода.

Вторая наиболее популярная в России СКЗ – «АСКГ-ТМ». Её использование налажено, например, в ОАО «Газпром газораспределение Курск». Мощность таких станций меньше, чем упомянутых выше (от 1 до 5 кВт), но их возможности автоматического контроля работы улучшены за счёт наличия в исходной комплектации телеметрического комплекса с дистанционным управлением.

В ООО «Газпром трансгаз Сургут» тестируют новую модель станции активной катодной защиты трубопроводов. На компрессорной станции КС-3 «Аганская» Сургутского линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ) ООО «Газпром трансгаз Сургут» стартовали эксплуатационные испытания новой модели модульной станции катодной защиты (МСКЗ) трубопроводов. Это компактное оборудование для защиты подземных трубопроводов от грунтовой коррозии. МСКЗ является регулируемым источником стабилизированного постоянного тока на основе каскадируемых силовых модулей (блоков силовых), являющихся преобразователями мощности. МСКЗ обладает возможностью ручного и дистанционного управления. Срок службы МСКЗ составляет не менее 15 лет. Гарантийный срок эксплуатации – 3 года с момента ввода в эксплуатацию, но не более 4 лет со дня отгрузки с предприятия изготовителя при условии, что хранение МСКЗ производилось в упаковке завода-изготовителя в соответствии с ГОСТ 15150-69. Практически одновременно с испытаниями в Сургуте, тестирование МСКЗ «ТВЕРЦА-СМ» началось и в одной из южных «дочек» ПАО «Газпром» — ООО «Газпром трансгаз Ставрополь». Там комиссия будет изучать, как ведет себя новое оборудование при повышенной влажности и высоких температурах.

Интервью со специалистом.

Я взяла интервью у Льва Викторовича Мачулина (химик-практик, учёный, кандидат технических наук, член географического общества). Моя цель была узнать мнение специалиста, насколько в его опыте работы подтверждается гипотеза моего исследования. В своих ответах Лев Викторович подтвердил, что тип активной катодной защиты актуален в России в независимости от расположения регионов. У этого метода можно выделить большое количество плюсов и только один минус – необходимость замены анода.

Эксперимент по изучению процессов коррозии.

Цель: изучить процессы коррозии путём проведения опыта.

В качестве реактивов, имитирующих различную среду, мы выбрали следующие: NaCl, HCl, CuSO₄, H₂O, почва, нефть, воздух.

Таблица 3 – Реактивы имитирующие различную среду

№	Fe + реагент	Реакция сразу после погружения в среду	Реакция через неделю
1	Fe + HCl	Конденсация паров на стенках пробирки; Коррозии не наблюдается	Равномерная коррозия металла не только в самом растворе, но и по всей поверхности детали
2	Fe + NaCl	Коррозии не наблюдается	Потемнение поверхности металла
3	Fe + CuSO ₄	Начало процесса коррозии; Деталь, погружённая в раствор, сразу же покрылась ржавчиной	Активное разрушение металла, на границе скрепка разломилась
4	Fe + H ₂ O	Коррозии не наблюдается	Коррозия на границе соприкосновения со средой и на местах сгиба; Небольшой осадок бурого цвета
5	Fe + почва	Коррозии не наблюдается	Коррозии не наблюдается
6	Fe + нефть	Коррозии не наблюдается	Небольшая коррозия пятнами
7	Fe + воздух	Коррозии не наблюдается	Коррозии не наблюдается

Создание концепта газопровода с электрической защитой.

Для того чтобы понять принцип работы активной катодной защиты газопровода, мы решили собрать установку. Она состояла из источника питания, реостата, анода, алюминиевой трубки, имитирующей газопровод, мензурки. Реактивы: Br_2 , $\text{NH}_4\text{Cr}_2\text{O}_7$. Были взяты именно эти растворы, так как реакция окисления алюминия проходит в них гораздо быстрее, чем в почве. В ходе эксперимента трубка поочередно была погружена в растворы, находясь под напряжением сначала 15 В, а потом 10 В. Сила тока постоянна – 1 А. В результате нахождения в растворах по 4 минуты, окисления металла не наблюдалось. Это подтверждает, что активная катодная защита является действенным методом.

Материалы для анода.

Применение активной катодной защиты подземных сооружений почти полностью устраняет коррозионное разрушение. Службы по эксплуатации средств катодной защиты, стремясь к 100%-ой защищенности определенных коммуникаций, зачастую добиваются этого за счет повышения потенциала на отдельных сетях и увеличения общего защитного тока. Мы предлагаем подойти к решению проблемы с другой стороны – не увеличивать мощность, а заменить материал анода, средний срок службы которого составляет примерно 15 лет.

Сплавы на основе железа относятся к растворимым материалам для анодных заземлителей (АЗ). Анодное растворение железа проходит на скорости около 10 кг/(А • год). Такая высокая скорость растворения анодов — существенный минус для системы катодной защиты. Кроме того, растворимые материалы имеют немало других отрицательных факторов. Например, при применении подобных АЗ грунтовые воды сильно загрязняются ионами железа. А из-за неэлектропроводности продуктов растворения такие аноды быстро выходят из строя.

В конструкциях анодных заземлителей используются электроды из ферросилида и магнетита, относящиеся к малорастворимым анодным материалам. Скорости анодного растворения ферросилида и магнетита сильно различаются. Высокая коррозионная стойкость магнетита позволяет использовать магнетитовые заземлители в агрессивных грунтах. Ферросилидовые анодные заземлители используются в грунтах средней и низкой коррозионной агрессивности.

Ферросилид представляет собой сплав железа с кремнием и имеет скорость анодного растворения до 0,5 кг/А•год. При работе ферросилида на его поверхности одновременно с реакцией восстановления кислорода протекает реакция растворения сплава. Выход ионов железа приводит к растворению анода. Свободному выходу железа из ферросилида препятствует наличие ионов кремния: вследствие большего сродства к кислороду ионы кремния легче соединяются с кислородом, образуя труднорастворимый оксид кремния. Оксид со временем покрывает всю поверхность анодного заземлителя и препятствует выходу ионов железа и при этом обладает хорошей электропроводностью. Необходимо учитывать, что на конечный период эксплуатации плотность защитного тока как минимум в три раза превышает начальную в связи с уменьшением геометрических размеров анодов. Однако не только плотность тока определяет скорость растворения ферросилида. Очень важно, чтобы сплав был однородным по химическому составу, без газовых включений и других дефектов. Все эти параметры влияют на реальный срок службы АЗ.

Длительное и повсеместное использование ферросилида в различных грунтах доказало его высокую эффективность в качестве точечных АЗ (поверхностных и глубинных).

Ещё большими перспективами и широкой областью применения обладает магнетит.

Магнетит — перспективный материал для изготовления анодных заземлителей. Представляет собой сплав на основе оксидов железа. Магнетитовые изделия производят путем отливок при высокой температуре с использованием специальных добавок. Скорость растворения магнетита — 0,02 кг/(А•год). Анодное растворение магнетита проходит по такому же принципу, как у ферросилида, но есть несколько отличий. Магнетит обладает большей допустимостью плотности тока, поэтому подходит для широкого применения в различных грунтах и морской воде.

Итак, одна из самых актуальных проблем добычи — коррозия оборудования. Активная борьба с этим неприятным, но поддающимся контролю явлением, системно ведется уже несколько лет. Фактически, результат нашей работы — это своего рода изучение активной катодной защиты

газопроводов и нахождение перспективных материалов для анодов. Использование магнетита может увеличить экономию средств и срок работы катодной защиты газопроводов.

В ходе исследования подтвердилась наша гипотеза. Активная катодная защита имеет лишь один минус – необходимость частой замены анода, поэтому следует изменить его материал. Этот метод является наиболее выгодным для повышения износостойкости материалов газопровода, ведь при относительно небольших затратах удаётся значительно продлить срок службы подземных трубопроводов. Именно этот метод способствует повышению износостойкости материалов газопровода.

Библиографический список:

1. http://zadachi-po-khimii.ru/obshaya-himiya/korroziya-metallov.html#Opredelenie_korrozii
2. Мустафин Ф.М., Кузнецов М.В., Быков Л.И. Защита от коррозии. Т. 1. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 806 с.
3. <https://infoks.ru/produkty/tekhnicheskaya-ucheba-material/29-zashchita-gazoprovodov-ot-korrozii>
4. https://vuzlit.ru/730525/korroziya_metallov_ponyatie_osnovnye_vidy_mehanizm_obrazovaniya
5. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов: учеб. пособие / Л.Г. Петрова, Г.Ю. Тимофеева, П.Е. Демин, А.В. Косачев; под общ. ред. Г.Ю. Тимофеевой. – М.: МАДИ, 2016. – 148 с. - <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E421.pdf>
6. https://vniigaz.gazprom.ru/d/textpage/d3/467/23_kashkovskij-lektsiya-podplenchnaya-korr.pdf
7. <http://kurskgaz.ru>
8. Защита от коррозии. Основные положения: СТО Газпром 9.0-001-2009/ Е.С. Иншакова, И.А. Шишкова, С.Н. Демьянова. – М.: ООО «Полиграф Дизайн», 2009. – 21 с. - <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-9.0-001-2009-zashchita-ot-korrozii.-osnovnye-polozhe.pdf>
9. <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2014-november/1104921/>
10. <https://regionvtormet.ru/prochee/katodnaya-zashchita-truboprovodov-ot-korrozii-obshhee-opisanie-tehnologii-i-sfera-ee-primeneniya.html>
11. <https://www.neftegas.info/upload/iblock/f80/f80fd5b9677a8dc6cd5d31c3ee070b5c.pdf>
12. ГОСТ Р51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Госстандарт России, 1998. – 46 с
13. <https://neftegas.info/news/zao-katod-novye-sistemy-katodnoy-/>
14. https://studme.org/277494/stroitelstvo/korroziya_metallicheskih_truboprovodov_otlozheniya_trubah
15. <https://energybase.ru/news/articles/comparative-analysis-application-area-of-main-materials-of-anode-groundbeds-2020-02-17>
16. <https://chem21.info/info/344384/>
17. <https://surgut-tr.gazprom.ru/press/news/2021/02/1438/>
18. http://www.eltech.tver.ru/netcat_files/tabs/192_54_%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%20%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B0-%D0%A1%D0%9C-3__12022018.pdf

УДК 622.692.4.074:60.197

Разработка комплекса измерения напряженно-деформированного состояния нефтегазопровода на основе внутритрубных инспекционных приборов с применением инклинометров

Шкутов И.В.

Научный руководитель - Агинея Р.В.

Ухтинский Государственный Технический Университет, г.Ухта, Россия

Важнейшей задачей нефтегазовых компания, транспортирующие углеводороды, является безопасная и бесперебойная эксплуатация магистрально трубопровода. Неотъемлемой частью эксплуатационного процесса является диагностика действующих магистральных нефти-

газопроводов, на наличие дефектов. В настоящее время существует большое количество видов и методов неразрушающего контроля. В соответствии с ГОСТ Р 56542-2015 к ним относятся такие виды неразрушающего контроля как акустический, виброакустический, вихретоковый, магнитный, оптический, проникающими веществами, радиационный, радиоволновой, тепловой, электрический [1]. Однако единицы, из вышеперечисленных методов могут дать дочную оценку состояния магистрального трубопровода, хоть и не всегда могут обеспечить точностью информации о деформации или смещении объекта диагностирования. Следовательно, методики оценки напряженно-деформированного состояния нефти- газопроводов подразделяются на две категории: методы оценки НДС по данным мониторинга пространственного положения трубопровода и методы оценки НДС физическими контроля.

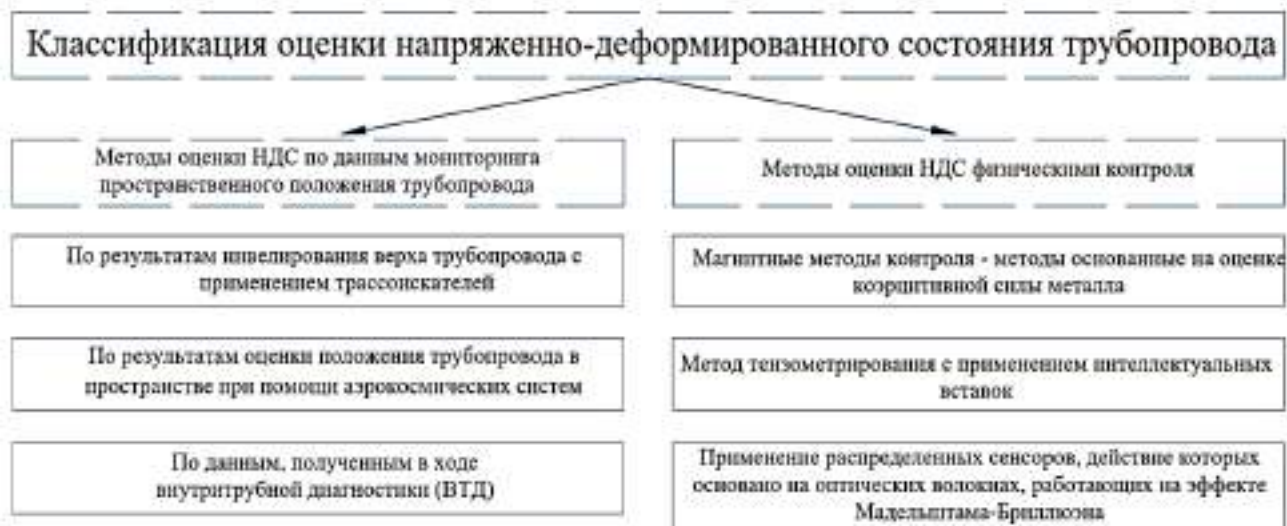


Рисунок 1 – Классификация оценки напряженно-деформированного состояния нефтегазопроводов

Одним из основных методов оценки напряженно-деформированного состояния по данным мониторинга пространственного положения нефти- газопровода - внутритрубная диагностика, первичное и периодическое измерение глубины залегания нефти- газопроводов проводится в срок: на непахотных землях – не реже 1 раз в 5 лет, на пахотных землях – 1 раз в год. Современные внутритрубные инспекционные приборы оснащены много канальными системами, которые позволяют определить данные о геодезических координатах каждого дефекта и радиусе изгиба каждого участка трубы. Данная технология БИНС (бесплатформенная инерциальная навигационная система) - прибор, определяющий свое положение в пространстве с помощью датчиков ускорений и угловых скоростей, позволяет выявлять дефекты в геодезической системе координат. Несмотря на то, что их точностные характеристики относительно невысоки, приведенный дрейф нулевого сигнала гироскопов составляет 1-3°/ч, применение данной технологии является актуально.

Горизонтальная и вертикальная компоненты радиуса кривизны определяются соотношениями:

$$R_{g,h} = \frac{S}{\alpha_{g,h}}, \quad (1)$$

или

$$R_{g,h} = \frac{V_{x1}}{\omega_{g,h}}; \omega_g = \frac{d\theta}{dt}; \omega_h = \frac{d\psi}{dt}, \quad (2)$$

где $\alpha_{g,h}$ – вариации азимута ψ и зенитного угла θ , соответственно, при перемещении дефектоскопа по дуге длиной S ;

V_{x1} – относительная скорость поступательного движения снаряда вдоль трубы

Целью данной работы является разработка комплекса измерения напряженно-деформированного состояния магистрального нефти-газопровода, с помощью датчика инклинометра, внедренного во внутриинспекционный прибор.

Инклинометрия – это метод оценки положения объектов относительно друг друга и в окружающем пространстве с помощью специального прибора - датчика-инклинометра.

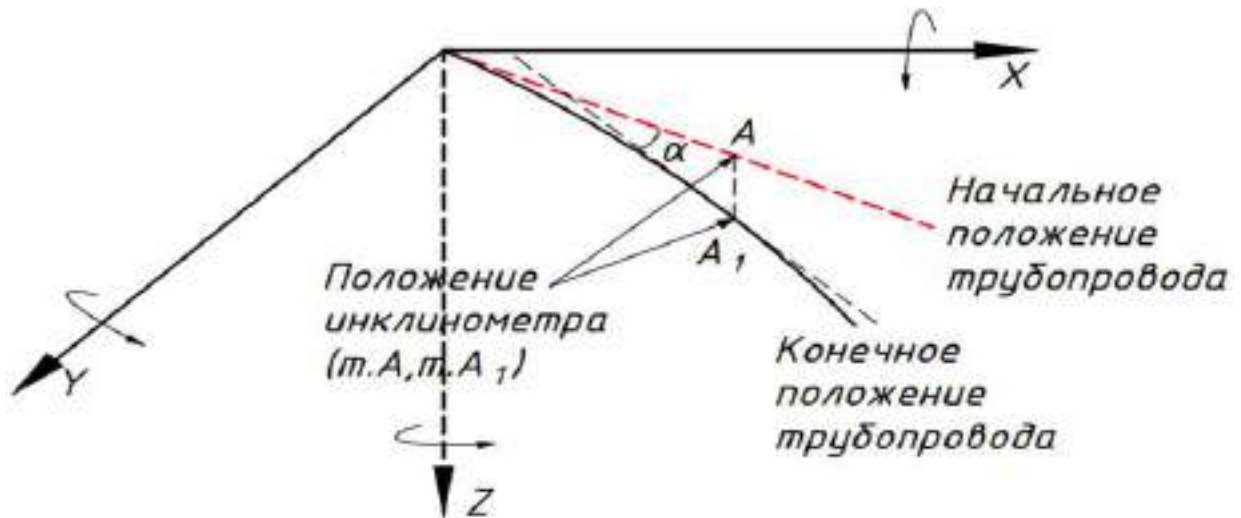


Рисунок 2 - Определение пространственного положения трубопровода методом инклинометрии

Датчик-инклинометр позволяет контролировать малейшее изменение направления оси трубопровода как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Инклинометры на основе MEMS (Micro-ElectroMechanical Systems) - технологии микроэлектромеханических систем. Основой инклинометра данного типа, как правило, является аналоговый микромеханический 3-х осевой акселерометр емкостного типа. На выходе акселерометра присутствует сигнал, пропорциональный проекции силы гравитации на чувствительную ось [2].

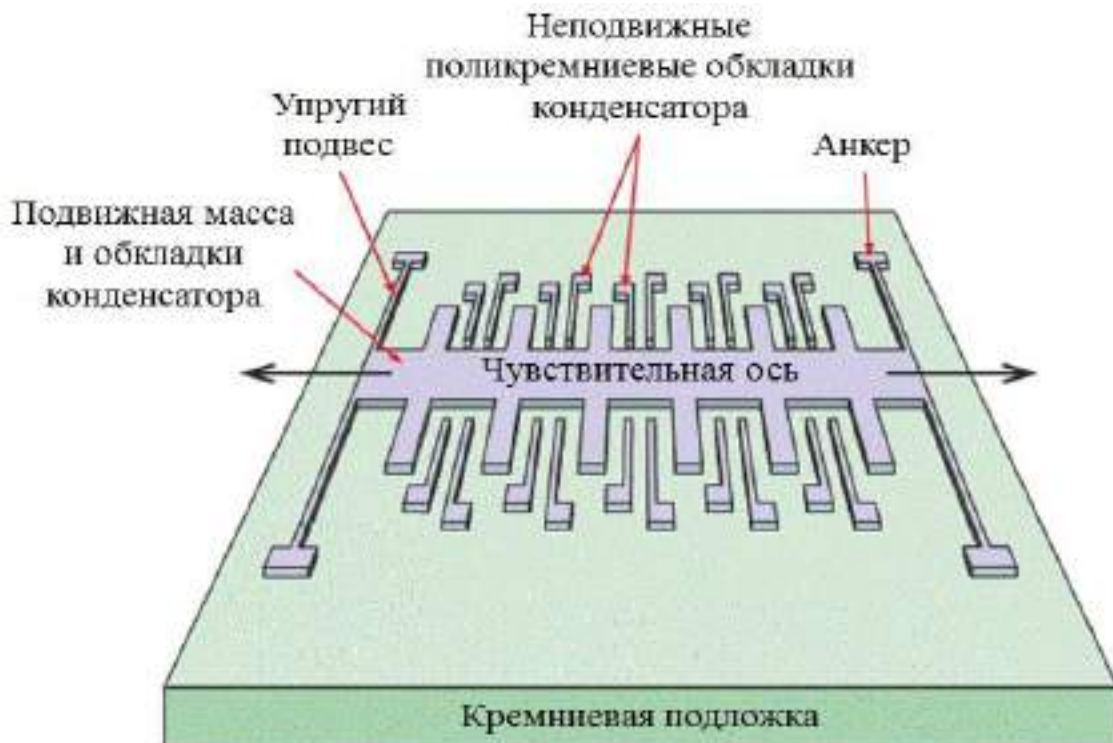


Рисунок 3 - Принцип действия MEMS-акселерометра

На действующий магистральный нефти-газопровод действуют две постоянные силы – это архимедова, или же гидростатическая подъемная сила и сила гравитации. Например, взяв за пример заболоченный участок магистрального нефти-газопровода при случаях, если одна балластная перемычка сползет, то данный участок трубопровода всплывет, вертикально вверх, тем самым создавая напряженно-деформированное состояние участка, в следствии чего может произойти аварийная ситуация. Основываясь на выше приведенном примере, возьмем именно группу ситуаций, связанных с вертикальным перемещением участка трубопровода: всплытием, провисанием, или же другими перемещениями, связанными вертикально.

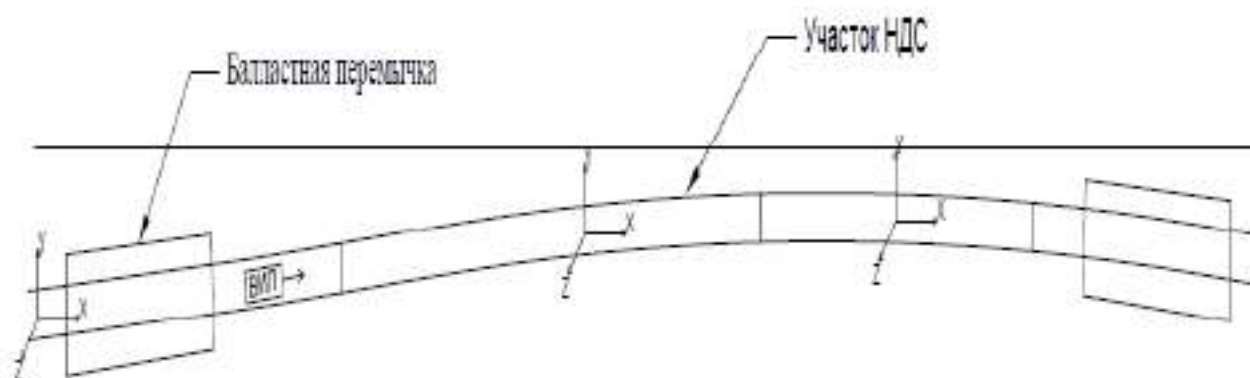


Рисунок 4 – Метод измерения НДС с помощью инклинометра в ВИП

При измерение НДС с помощью БИНС, данный метод основывается на получение горизонтальной и вертикальной компоненты радиуса кривизны, то с помощью инклинометра, можно будет определить вертикальный радиус кривизны от местоположения предыдущей секции трубы, в зависимости от вертикального сдвига трубопровода. Разница между применением системы БИНС и инклинометра, заключается в ее минимальной погрешности измерения.

Библиографический список:

1. Геокриологические процессы и явления на трассах магистральных газопроводов и способы их предотвращения [Текст] : учеб. пособие / И. Н. Бирилло, А. С. Кузьбожев, А. В. Сальников,, И. В. Шишкин, И. А. Шаммазов. – Ухта : УГТУ, 2018. – 108 с.
2. Падерина, Т. В. Применение глубинных трехкоординатных датчиков наклона при решении задач геотехнического мониторинга / Т. В. Падерина, В. В. Яковлев, Ю. М. Гордеев. - [Текст] : непосредственный // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2012. № 6 (82). С. 58–63.
3. Официальный сайт АО «Транснефть - Диаскан»: Об организации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://diascan.transneft.ru/about/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. – (Дата обращения 20.01.2021).
4. Агинеи, Р.В. Разработка методики оценки напряженного состояния нефтегазопроводов по коэрцитивной силе металла: дис. ...канд. техн. наук 25.00.19 / Агинеи Руслан Викторович. – Ухта, 2005. – 143 с.
5. Исламов, Р. Р. Совершенствование системы мониторинга технического состояния протяженных участков магистральных нефтегазопроводов применением волоконно-оптических сенсоров деформаций [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19 / Р. Р. Исламов. – Ухта, 2018. – 168 с.

Противокоррозионная защита переходов трубопроводов через естественные и искусственные препятствия

Шкутов И.В.

Научный руководитель - Яворская Е.Е.

Ухтинский Государственный Технический Университет, г.Ухта, Россия

В настоящее время, большую часть аварийных ситуаций, внеплановых остановок, капитальных работ нефтегазопроводов, связано с образованием коррозии на трубопроводах как линейной части, так и площадных объектов. На сегодняшний день есть множество методов по борьбе с образованием коррозии на магистральных трубопроводах:

- 1) Пассивная система защиты:
 - Прокладка в коллекторах;
 - Применение защитных покрытий;
 - Применение защитных заземлителей.
- 2) Активная система защиты:
 - Катодная защита;
 - Протекторная защита;
 - Анодная защита;
 - Электродренажная защита.
- 3) Снижение агрессивности окружающей среды:
 - Применение ингибиторов коррозии;
 - Деаэрация электролита почвы;
 - Обеспечение гидрофобизации;
 - Нейтрализация грунта кислотами или щелочью;
 - Уменьшение опасности биокоррозии путем обработки;
 - Замена грунта на менее коррозионно-активный.

Также на данный момент существуют теория о переходе на внедрения полимерных и стекло-базальтоволоконных труб, связанная с отсутствием появления коррозии на линейных участках магистрального трубопровода, в виду отсутствия стальных труб. К сожалению, данная теория имеет больше недостатков и больших экономических вложений на ее реализацию, чем положительных сторон.

На участках прохождения магистрального нефте- газопровода существуют коррозионно-агрессивные среды, дополнительно с воздействием растягивающих напряжений данное явление называется коррозионное растрескивание под напряжением (КРН), или стресс-коррозия. [1]

Защита участков магистрального трубопровода от коррозии, проходящих через естественные и искусственные препятствия имеет особую важность в процессе транспортировки углеводородов, особо актуальным данная проблематика является в труднодоступных участках или при прокладке в коррозионно – агрессивных средах магистрального нефте- газопровода.

В данной работе будет рассмотрена методика противокоррозионной защиты магистрального нефте- газопроводов при прокладке через искусственные и естественные препятствия в стальном защитном футляре с помощью применения антикоррозионного материала «ACS».

Антикоррозионный материал ACS – смесь сложных органических веществ. Основу данной смеси составляет антикоррозионные материалы – ингибитор коррозии. Активная основа (ингибитор коррозии) - это вещества, которые являются продуктами реакции между глицеридами жирных кислот и полиэтиленполиамином (ПЭПА). Сам ПЭПА является также смесью из разных веществ и в этой смеси активное вещество (которое будет реагировать с глицеридами) – триэтилентетрамин.



Рисунок 1 – Стресс-коррозия

Данная технология была разработана в Республике Казахстан, патент на технологию РК №20546 был зарегистрирован в 2010 году. Первичное применение данная технология получила в 2019 и 2020 годах в Республике Казахстан, при переходе через искусственные препятствие на магистральном нефтепроводе «Атасу-Алашанькоу». Данная смесь прошла проверку и подтвердила свою работоспособность в Центре физико-химических методов исследования и анализа РГП «КазНУ им. Аль-Фараби».

Таблица 1 – Процентный состав материала «ACS»

№ п/п	Наименование вещества	Процентная доля, %
1	Ингибитор коррозии металлов	60-85
2	Полиизобутилен	5-20
3	Синтетический воск	5-25

Данная методика заключается в закачке во внутритрубное пространство между кожухом и транспортирующей трубой смеси «ACS» антикоррозионного материала. При закачке данного материала во внутритрубное пространство, требуется соблюдать температурный порог, для равномерного распределения по полости, основной трубы, за счет отсутствия потери своей текучести. Температурный границы нагрева материала от 30 до 60 градусов, в зависимости от погодных и геологических факторов нахождения трубопровода. «ACS» материал легче воды, тем самым при его закачке позволяет вытеснять ее из внутритрубного пространства. Данный метод с закачкой во внутритрубное пространство уже применялся ранее, закачивая бетон – забутовка. Недостатком герметизации межтрубного пространства забутовкой является обязательная установка компенсаторов температурных напряжений внутри трубопровода типа «труба в трубе», что существенно усложняет и удорожает всю известную конструкцию трубопровода типа «труба в трубе».

При сооружении и проведении капитального ремонта участка трубопровода, методом заполнения во внутритрубное пространство «ACS» материала, требуется в защитном кожухе (футляре) выполнить 6 технических отверстий: четыре дренажных для слива воды и освобождение пространства от воздуха, и два для закачки данного «ACS» материала. Зазоры между основной трубой и кожухом закрываются фиксирующими манжетами, создавая вакуум внутри кожуха.

Технические характеристики антикоррозийного «ACS» материала были подтверждены Центром физико-химических методов исследования и анализа РГП «КазНУ им. Аль-Фараби».



Рисунок 2 – Укрепляющие полистироловые стенки

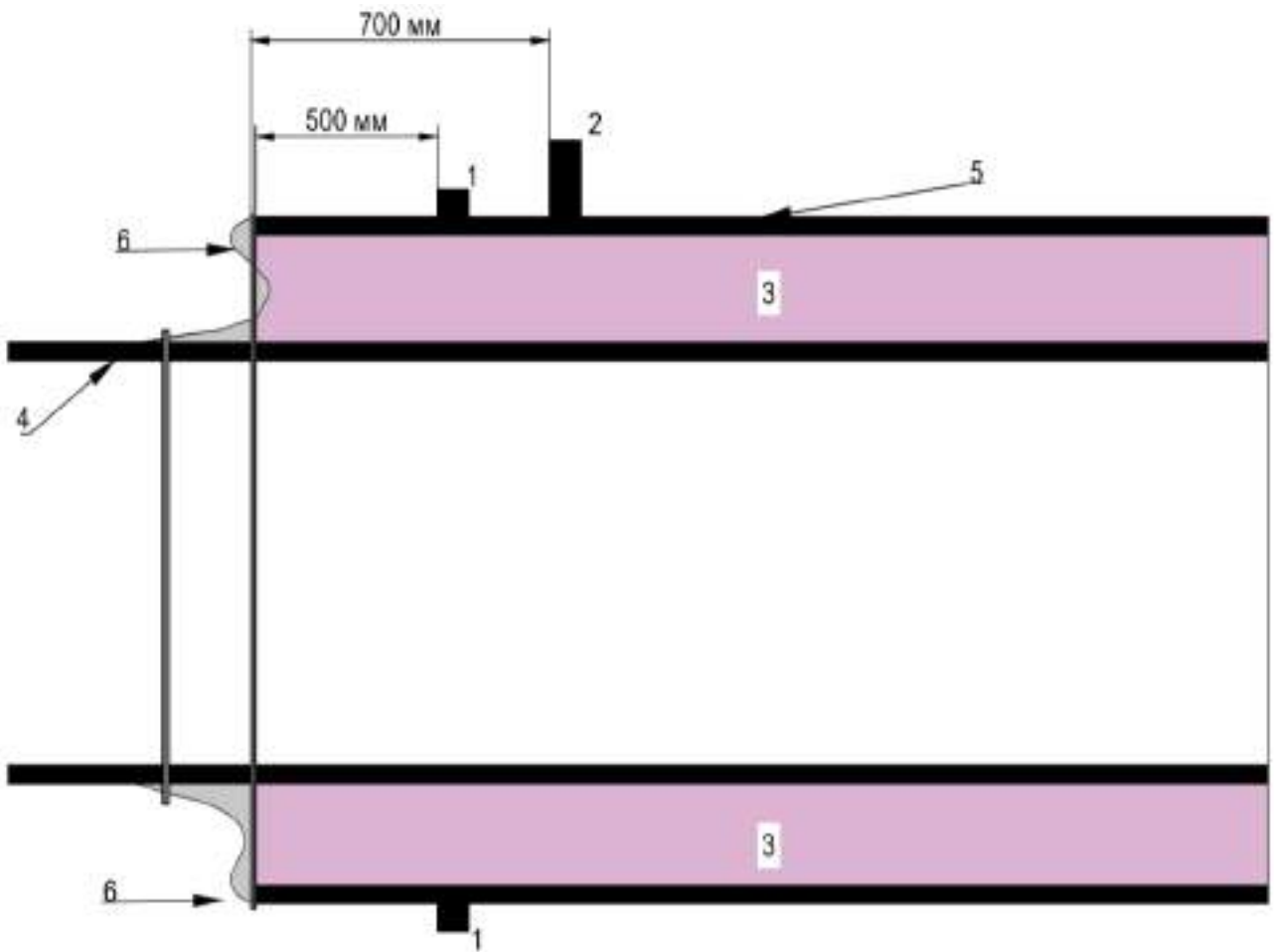
Таблица 2 – Физико-химические характеристики «ACS» материала

Характеристика	Показатель
Электрическое сопротивление, Ом	421
Граница пробоя электрическим разрядом, кВ/мм	5
Температура воспламенения, С	210
Температура применения / Температура плавления, С (в зависимости от температурных и геологических условий)	50 / 35
Плотность, кг/дм ³	0,8-0,85

Перед закачкой материала «ACS» требуется очистить внутреннюю полость от механических примесей, осушить полость. После раскопки котлована, проделываются технологические отверстия, в зависимости от диаметра основной трубы, отверстия делаются диаметром 50-100 мм. Материал подогревается до определенной температуры и закачивается во внутритрубное пространство кожуха, через специально проделанный патрубок. Закачка осуществляется в два этапа, первым закачивается основная масса, после проверки заполнения внутритрубного пространства, доливается вторая часть материала. Пескоструятся все прилегающие поверхности, для очистки полости, устанавливаются полистироловые стенки и герметизируются полиуретаном, для герметизации «ACS» материала, после все обрабатывается мастикой. В конце на торцы устанавливаются специальные термоусаживающие манжеты. [2]

После проведения работ определяется разность потенциала между кожухом и основной трубой. После замеров «кожух-труба» патрубки герметизируются.

На данный момент единственный конкурент, внедрения данной технологии является забутовка межтрубного пространства «кожуха», при прокладке через естественные препятствия. Если проводить анализ двух этих методов, можно сделать заключение, что метод заполнения во внутритрубное пространство «ACS» материала имеет ряд преимуществ: минимизация работ на участке, простота выполнения закачки материала, материал имеет адгезионные свойства соответствующие «СТ РК ГОСТ 51164-2005», надежным и экономически выгодным - данная методика позволяет повысить срок службы участка трубопровода.



- 1 – Дренаж; 2 – Отверстие для закачки «ACS» материала; 3 – «ACS» материал;
 4 – Магистральный трубопровод; 5 – Кожух стальной;
 6 – Укрепляющие манжеты, защищающие от попадания влаги и воздуха.

Рисунок 2 – Схема метода «Труба в трубе» с применением «ACS» материала:

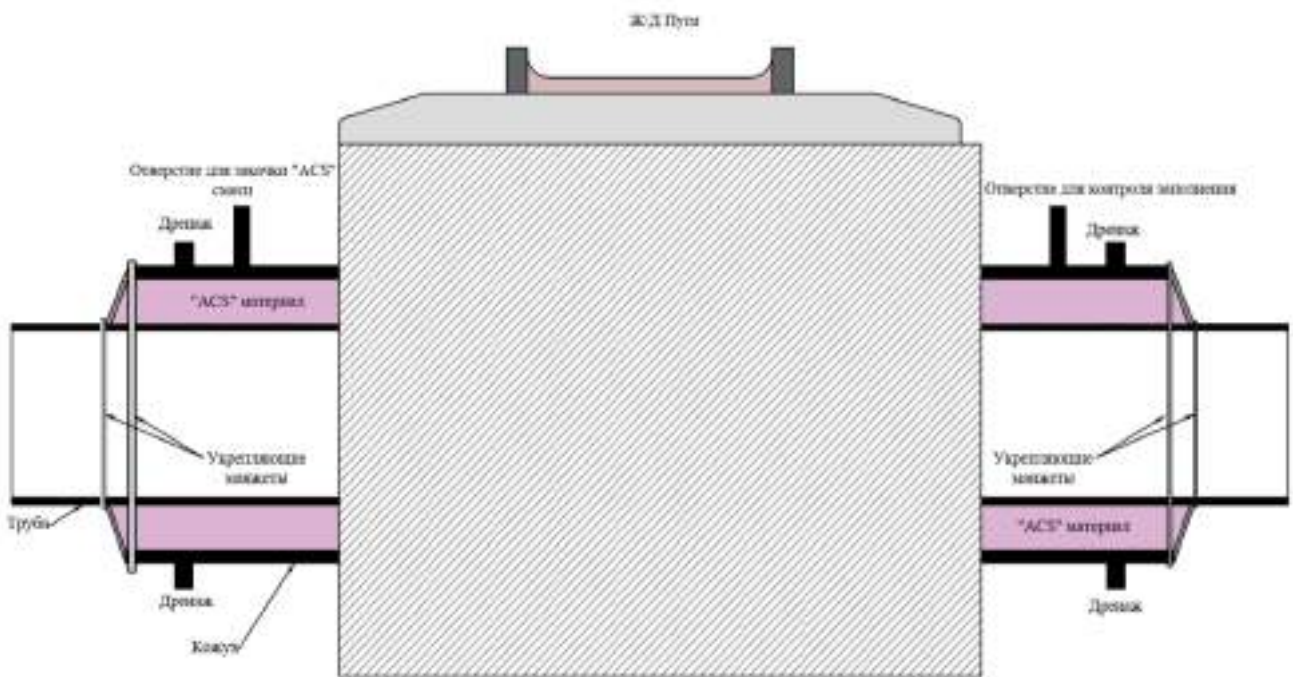


Рисунок 3 – Общий вид технологии закачки «ACS» материала

Данная методика является актуальной для переходов через искусственные и естественные препятствия, выполненные методом прокладки «труба в трубе». Антикоррозионный материал «ACS» материал имеет так же преимущество при защите трубы в пайковых участках магистрального трубопровода, при высокой коррозийности. Применение данного метода в нефтегазовой отрасли, доказывает, что данная технология имеет большой потенциал для защиты трубопроводов от коррозии.

Библиографический список:

1. Электрохимическая защита нефтегазопроводов : монография / [Р. В. Агинея и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Р. В. Агинея. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 736 с.
2. Применение антикоррозионных материалов для защиты от коррозии межтрубного пространства подводных/подземных переходов магистральных нефтепродуктопроводов [Электронный ресурс]. – <http://synergy-journal.ru/archive/article6269.pdf> (дата обращения 10.02.2022).
3. ГОСТ 9.602-2016 Межгосударственный стандарт единая система защиты от коррозии и старения сооружения подземные общие требования к защите от коррозии. Актуализированная редакция ГОСТ 9.602-2005. – Введ. 01.06.2017 – Москва : Стандартиформ, 2017. – 86 с.
4. ГОСТ Р 51164-98 Государственный стандарт трубопроводы стальные магистральные общие требования к защите от коррозии. – Введ. 01.07.1999 – Москва : Стандартиформ, 1999. – 62 с.
5. ВСН 009-88. Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Средства и установки электрохимзащиты. - М.: ОАО «ВНИИСТ», 1988. – 43 с.

СЕКЦИЯ 12. РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.276.6

Исследование закономерностей получения сшитых полимерных систем для технологий повышения нефтеотдачи пластов

Гаффанова Р.И., Мингазов Р.Р.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Месторождения, находящиеся на поздних стадиях разработки, характеризуются снижением темпов отбора нефти и ростом обводнённости. Для решения данных проблем используют методы ограничения водопритока и повышения нефтеотдачи пластов. Наибольшее распространение в России получили физико-химические методы, включающие потокоотклоняющие технологии, и мероприятия по стимуляции скважин с помощью гидроразрыва пласта. Реализация данных технологий осуществляется путём закачки различных реагентов. Наиболее универсальными и технологичными среди существующих композиций являются сшитые полимерные системы (СПС), преимущественно на основе полиакриламидов [1, 2].

Благодаря особым структурно-механическим свойствам полиакриламидные СПС способны значительно повышать КИН за счёт изоляции водопромытых интервалов, регулирования профиля приемистости нагнетательных скважин и увеличения охвата продуктивных пластов [3].

Для получения сшитых систем необходимо знать пороговую концентрацию гелеобразователя – минимальную концентрацию полимера, при которой возможно образование поперечных связей между полимерными цепями и переход линейного геля в пространственно-сшитую систему.

При выполнении экспериментальных работ в качестве гелеобразователя использовался сульфонируемый полиакриламид (СПАА) марки AN-132 (*SNF Floerger*). Выбор в пользу данного полимера был сделан благодаря его распространенности, высокой загущающей способности при малых концентрациях, устойчивости к биологической деструкции и минерализации пластовых вод, повышенной термостабильности [2]. Роль сшивающего агента выполнял ацетат хрома (АХ), позволяющий регулировать скорость сшивания в широком диапазоне и способствующий образованию прочных вязкоупругих систем. Использование АХ было обусловлено доступностью, сшивающей активностью и хорошей растворимостью в воде [4].

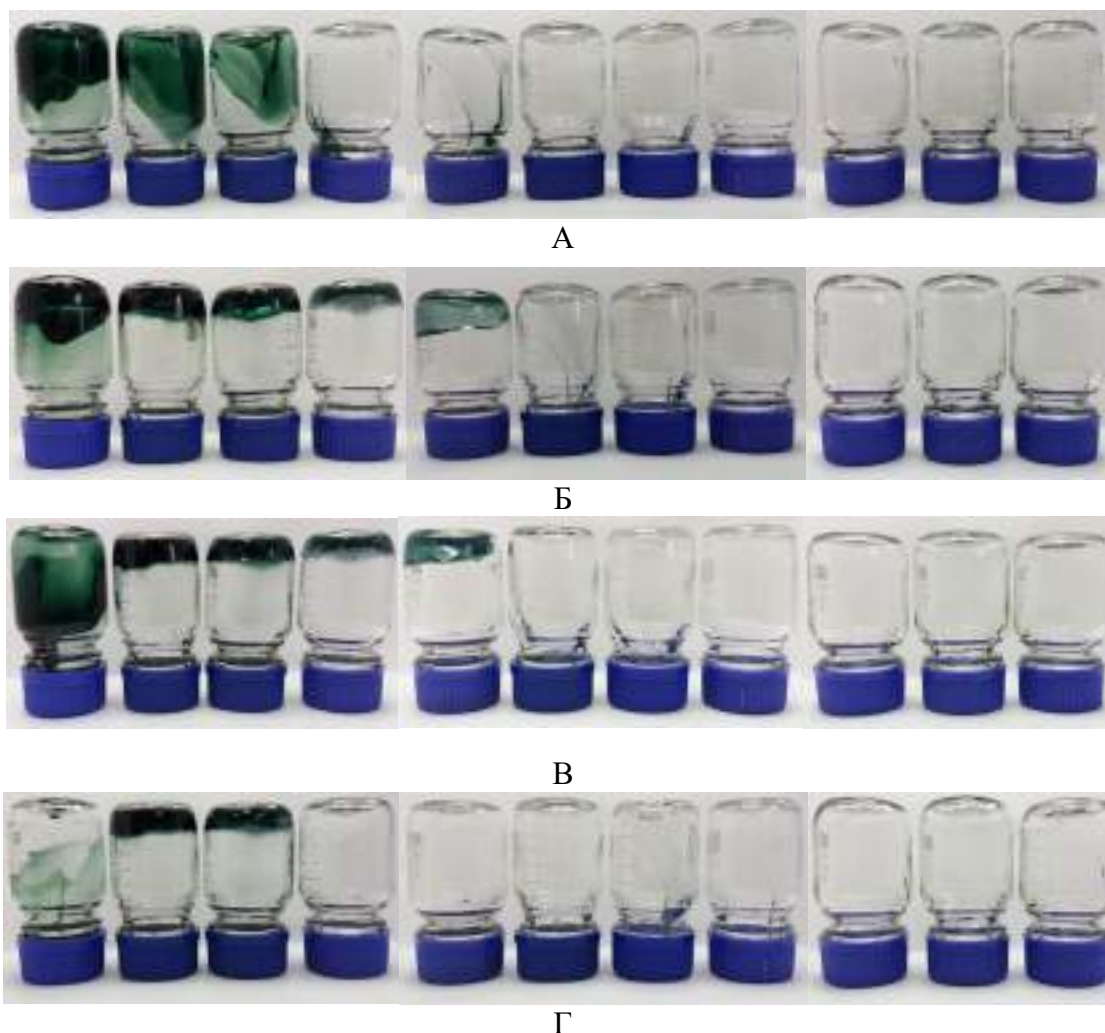
Определение пороговой концентрации СПАА проводилось путем измерения структурно-механических характеристик 0.1-0.6% масс. линейных и сшитых гелей на ротационном реометре RheoStress 6000 с конусно-пластинчатой сенсорной системой в статическом и динамическом режимах. Для приготовления данных гелей в дистиллированную воду добавлялось расчётное количество СПАА. Гелеобразующий раствор перемешивался на магнитной мешалке до полного растворения полимера и формирования однородного геля. Перемешивание сопровождалось подогревом с целью ускорения растворения СПАА.

В полученные гели вводился водный раствор ацетата хрома при массовом соотношении СПАА/АХ=10/1. Сшивание обеспечивалось перемешиванием составов, содержащих СПАА и АХ, в течение 30 минут при комнатной температуре и последующим одночасовым выдерживанием при $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ в климатической камере.

Динамическая вязкость гелей СПАА до и после добавления АХ была измерена при скоростях сдвига $0.1-100\text{ c}^{-1}$. На основе полученных данных строились кривые зависимости вязкости от скоростей сдвига. После анализа кривых исключались те концентрации СПАА, которые приводили к формированию сшитых гелей, имеющих меньшую вязкость, чем вязкость исходных линейных гелей. Полнота сшивания гелей определялась по результатам измерения

упругой G' и вязкой G'' составляющих комплексного модуля упругости в диапазоне частот приложенного напряжения $f=0.00283-8.95$ Гц.

Оптимальное с позиции полноты сшивания и устойчивости соотношение между концентрациями гелеобразователя и сшивателя было установлено с помощью визуального метода Сиданска [5]. Системам, сшитым при разных массовых соотношениях СПАА/АХ (80/1; 40/1; 20/1; 10/1; 5/1; 2/1; 1/1; 1/2; 1/5; 1/10), присваивались буквенные коды по характеру текучести после переворачивания виал (рис. 1). Код позволял судить о степени сшивания и прочности гелей.



(слева направо): А-состояние гелей через 24 ч после введения АХ;
Б, В, Г-состояние гелей через 96, 120 и 264 ч

Рисунок 1 – Визуальная оценка прочности гелей СПАА, сшитых в массовых соотношениях 1/10; 1/5; 1/2; 1/1; 2/1; 5/1; 10/1; 20/1; 40/1; 60/1; 80/1

Определение пороговой для сшивания концентрации гелеобразователя. В процессе поиска пороговой концентрации важную роль играет идентификация степени сшивания. Предварительная проверка полноты сшивания проводилась визуально по изменению цвета геля с зеленого на бирюзовый и способности геля обратно стекать в виалу – возвращать исходную форму после выливания при наклоне виалы.

Количественно преобразования, происходящие в структуре линейных гелей, выявлялись путём сравнения вязкостных кривых гелей СПАА до и после добавления АХ. Динамическая вязкость гелей была определена при 20°C спустя 24 часа после их формирования. Характер изменения динамической вязкости линейных гелей и сшитых ацетатом хрома при 80°C систем СПАА приведён на рисунках 2-3.

На рисунках 2-3 наблюдается уменьшение динамической вязкости 0.1-0.6% масс. гелей СПАА с увеличением скоростей сдвига во всем исследуемом интервале приложенных напряжений, что указывает на проявление полиакриламидными гелями псевдопластичных свойств.

По графикам, изображенным на рисунке 2, можно заметить: при концентрациях СПАА в гелеобразующем растворе 0.1-0.3% масс. вязкость гелей после добавления АХ не увеличивается. Вязкостные кривые гелей, содержащих АХ, расположены ниже кривых, принадлежащих гелям без сшивателя. Это свидетельствует об отсутствии сшивок между полимерными цепями. Значит, 0.3% масс. недостаточно для обеспечения такого расстояния между молекулами СПАА, при котором образуются поперечные связи в результате взаимодействия ионов хрома с карбоксильными группами. Снижение вязкости гелей после введения сшивателя объясняется разбавлением исходного геля вследствие использования 1% масс. водного раствора АХ.

Динамическая вязкость гелей, включающих АХ, начинает превышать вязкость линейных во всём интервале скоростей сдвига ($0.1-100 \text{ с}^{-1}$) при концентрации СПАА, равной 0.4% масс. (рис. 2-3). Значит, для осуществления сшивки содержание СПАА в гелеобразующем растворе должно составлять не менее 0.4% масс. Можно предположить, что пороговой концентрацией является 0.4% масс. С целью проверки данного допущения были изучены вязкоупругие свойства 0.4-0.6% масс. гелей на основе кривых модулей упругости и вязкости, представленных на рисунке 4.

Из упруго-вязких характеристик гелей следует, что:

- 1) В низкочастотной области для 0.4-0.6% масс. линейных гелей характерны вязкие свойства, в высокочастотном интервале – упругие свойства.
- 2) У 0.4 % масс. гелей, содержащих АХ, упругие свойства менее выражены, в низкочастотном промежутке более выражены вязкие свойства
- 3) У 0.5 и 0.6% сшиваемых АХ гелей упругие свойства преобладают над вязкими во всём диапазоне частот.

Замеченные особенности позволяют утверждать, что при концентрации СПАА 0.4% масс. происходит неполное сшивания. Гели, содержащие 0.4% по массе СПАА, приводят к образованию систем, которые в слабой степени демонстрируют упругие свойства. 0.5% и 0.6% масс. гели полностью переходят в трёхмерно сшитые системы. Значит, сшитые системы обладают упругими свойствами. Следовательно, за пороговую концентрацию принимается 0.5% масс.

Значительное увеличение динамической вязкости при повышении концентрации СПАА характерно для сшитых 10/1 систем, полученных из 0.5% гелей. Дальнейшее увеличение содержания СПАА не оказывает сильного влияния на значения достигаемых вязкостей (рис. 5). Таким образом, пороговой и наиболее оптимальной концентрацией, при котором возможно сшивание геля СПАА ацетатом хрома, является 0.5% масс.

Установление оптимального соотношения ПАА/АХ. Ранее условно принятое по данным литературного обзора массовое соотношение СПАА/АХ=10/1 уточнялось, используя кодовый метод прочности Сиданска [5].

Наблюдения за 0.5% масс. гелями СПАА, перемешанными с АХ при комнатной температуре, проводились в течение 11 дней. Ежедневно фиксировались изменения, происходящие в структуре изучаемых гелей. Присваиваемые в зависимости от текучести гелей коды представлены в таблице 1.

Из таблицы 1, отражающей динамику сшивания гелей, видно, что спустя 2 часа после смешения компонентов вязкость гелей не изменилась. Через 24 ч сшивке подверглись гели, имеющие массовое соотношение СПАА/АХ=2/1; 1/1; 1/2; 1/5; 1/10, причём менее чем за 48 ч система, считая 1/10 набрала свою максимальную прочность Н, которая в дальнейшем не сохранилась, а снизилась до уровня Е. Системы «2/1» и «1/1» достигли наибольшей прочности Н и I соответственно в промежутке 96 ч; «1/2» приобрела максимальную прочность I за 120 ч; а гелю «1/5» потребовалось 72 ч для достижения прочности Н.

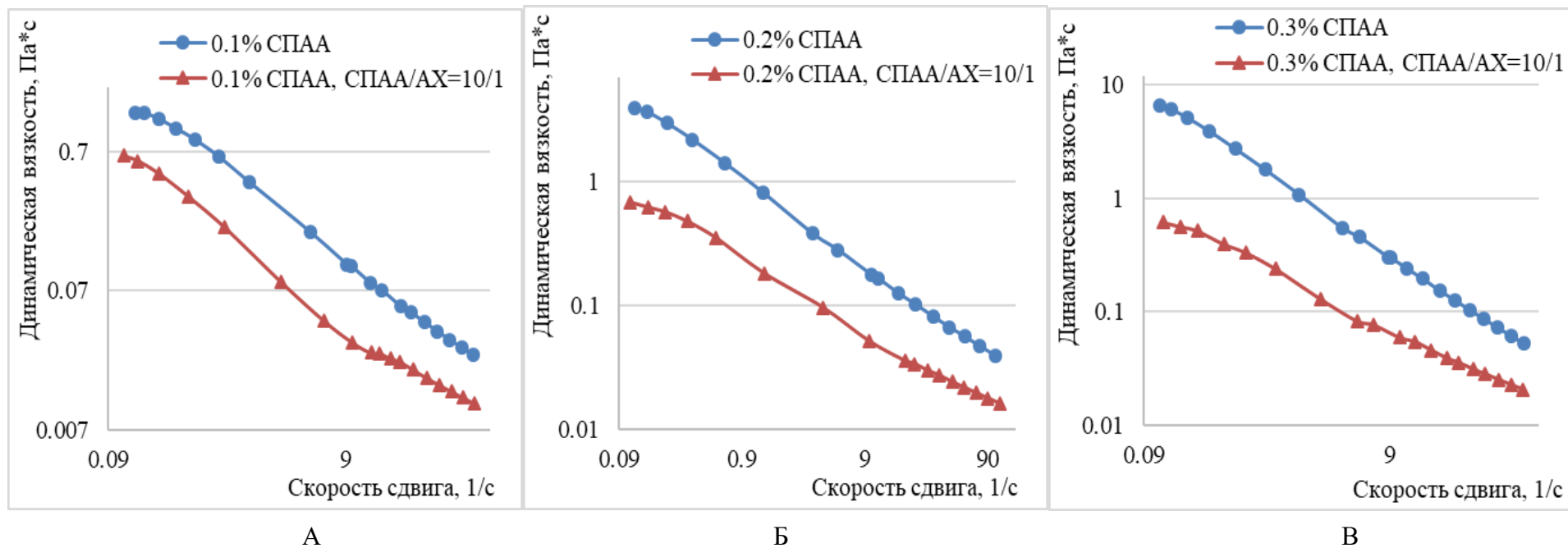


Рисунок 2 – Графики зависимости динамической вязкости от скорости сдвига 0.1-0.3 % масс. линейных и сшитых при 80 °С гелей СПАА: А – 0.1%; Б – 0.2%; В – 0.3% масс.

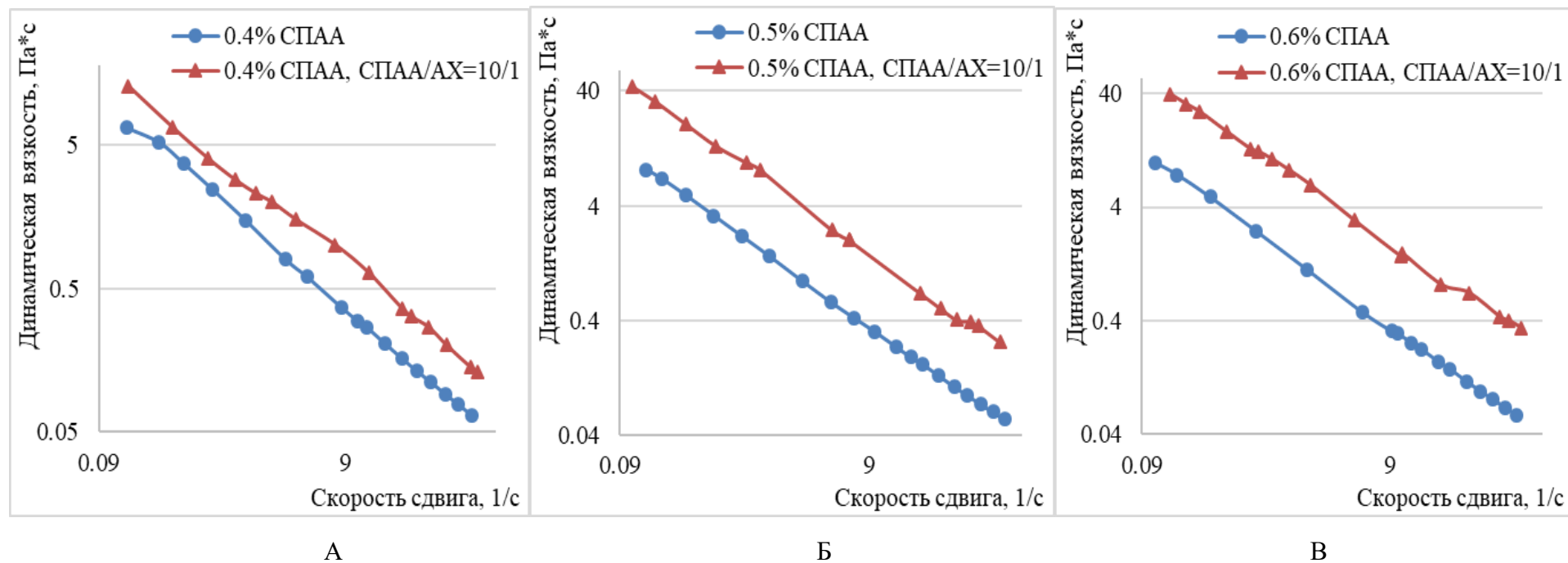


Рисунок 3 – Графики зависимости динамической вязкости от скорости сдвига 0.4-0.6% масс. линейных и сшитых при 80 °С гелей СПАА: А – 0.4%; Б – 0.5%; В – 0.6% масс.

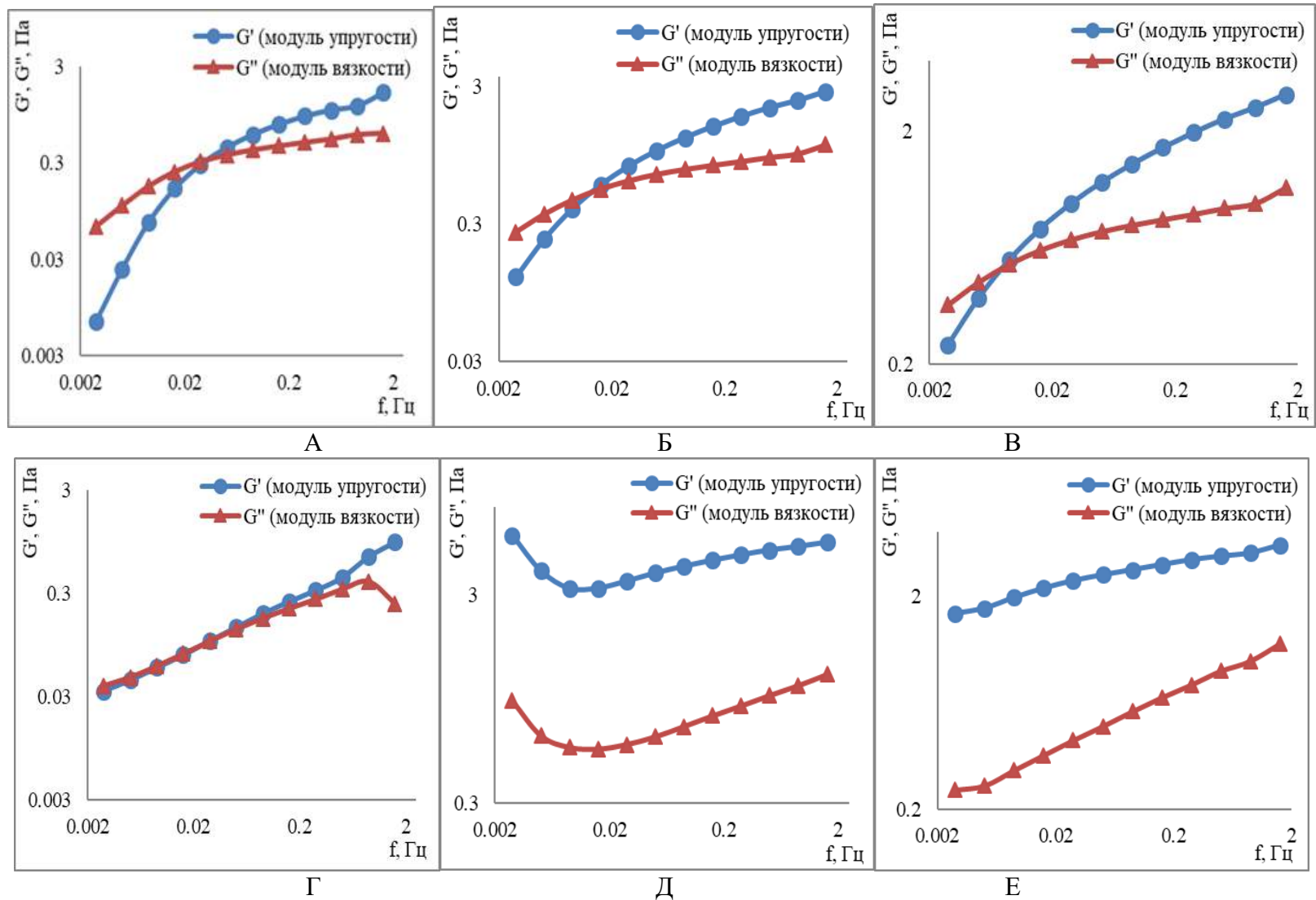


Рисунок 4 – Графики зависимости упругой G' и вязкой G'' составляющих комплексного модуля упругости от частоты приложенного напряжения, полученные при 20 °С для 0.4-0.6 % масс. гелей СПАА: А, Б, В – 0.4, 0.5, 0.6% линейные гели; Г, Д, Е – 0.4, 0.5, 0.6% сшитые системы

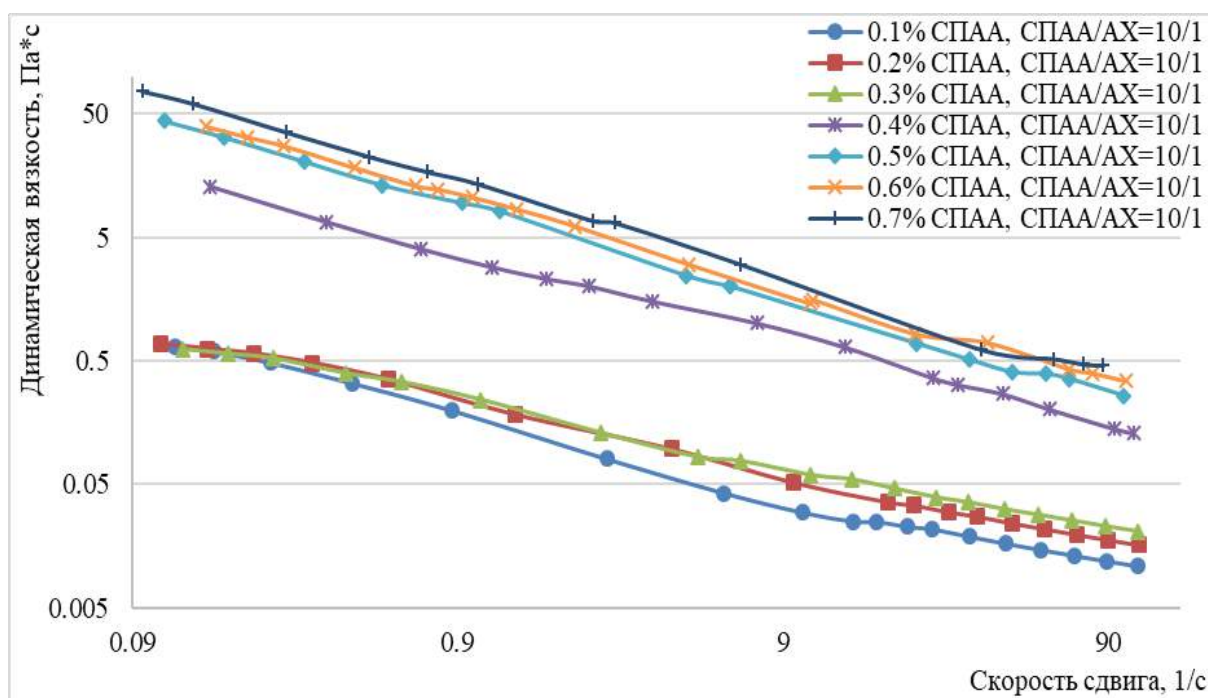


Рисунок 5 – Графики зависимости динамической вязкости от скорости сдвига 0.1-0.7 % масс. гелей СПАА, сшитых АХ при 80 °С

Таблица 1. Код прочности сшитых систем

Время, ч	Массовое соотношение между концентрациями СПАА и АХ										
	80/1	60/1	40/1	20/1	10/1	5/1	2/1	1/1	1/2	1/5	1/10
2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24	A	A	A	A	A	A	D	D	F	F	G
48	A	A	A	A	B	B	F	F	G	G	H
72	A	A	A	A	B	C	G	H	H	H	G
96	A	A	A	B	C	E	H	I	H	H	F
120	A	A	A	C	D	E	H	I	I	H	E*
144	A	B	B	C	D	D	H*~	I*	I*	H*	E*~
168	B	B	B	C	E	D*~	H*~	I*~	H*	H*	E*~
192	B	B	B	C	E	D*~	H*~	I*~	H*	H*	E*~
216	B	B	B	C	E	D*~	H*~	I*~	H*	H*	E*~
240	B	B	B	C	E	D*~	H*~	I*~	H*	H*	E*~
264	B	B	B	C	E	D*~	H*~	I*~	H*	H*	E*~

* синерезис (отделение жидкости); ~ падение геля при переворачивании виалы

Всем системам, сшитым в пределах 2/1-1/10 массовых соотношений, кроме «1/2» и «1/10» присуще постоянство набранной прочности в течение эксперимента, однако у каждого из них наблюдался синерезис – выделение жидкости спустя 144 ч, в случае «1/10» – 120 ч. После проявления синерезиса лишь системы «1/2», «1/5» не падали при переворачивании виал.

Синерезис является отрицательным эффектом, характеризующим неустойчивость сшитых систем, поэтому массовые соотношения 2/1; 1/1; 1/2; 1/5; 1/10 нельзя принять за оптимальные.

Для гелей, сшитых в диапазоне 80/1-5/1, характерен более плавный набор прочности. Первые признаки сшивания у гелей «80/1», «60/1» и «40/1» появились спустя более 120 ч. Набранная ими прочность В, идентифицируемая как «очень подвижный гель», не возрастала до конца исследований, не происходила и усадка данных гелей.

Поведение гелей «10/1» и «5/1» было очень похожим. Менее чем за 48 ч данные гели начали сшиваться, максимальную прочность Е набрали спустя 168 ч в случае «10/1» и 96 ч в случае «5/1», после чего их динамика состояния стала отличаться. Через 144 ч прочность геля «5/1» снизилась на 1 пункт. Прочность же геля «10/1» постепенно возрастала до Е и оставалась постоянной. Степень сшивания геля «20/1» увеличивалась медленнее. Для начала сшивания ему понадобилось более 72 ч, максимум прочности через 120 ч соответствовал коду С «подвижный гель».

Все гели, начиная с прочности В, при наклоне виалы вытекали, но после возвращения виалы в исходное положение подобно пружине восстанавливали прежнюю форму. Исходя из индукционного периода – времени, требующегося на возникновение преобразований в структуре гелей, максимально достигаемой прочности и устойчивости сшитых систем к синерезису среди исследованных массовых соотношений наиболее оптимальным оказался 10/1.

Реологические исследования и визуальная оценка прочности гелей СПАА позволили выявить следующие закономерности в образовании сшитых полимерных систем:

- 1) Линейные гели и сшитые системы СПАА обладают псевдопластичностью, заключающейся в понижении динамической вязкости при увеличении скоростей сдвига.
- 2) Пороговая для сшивания концентрация СПАА составляет 0.5% масс.
- 3) Повышение содержания СПАА вызывает увеличение вязкости образуемых гелей.
- 4) Сшитые системы проявляют упругие свойства.
- 5) Переход линейных гелей СПАА в прочные сшитые системы, длительно сохраняющие вязкоупругие свойства, реализуется при массовом соотношении ПАА/АХ=10/1.
- 6) Повышение концентрации ацетата хрома ускоряет сшивание, увеличивает прочность гелей, однако сокращает период стабильности сшитых систем.
- 7) Увеличение содержания сшивателя, т.е. снижение массового соотношения ПАА/АХ менее 5, приводит к синерезису сшитых гелей.

Библиографический список:

1. Гумерова Г.Р. Технология применения сшитых полимерных составов/Г.Р. Гумерова, Н.Р. Яркиева//Нефтегазовое дело. – 2017. – N 2. – С. 63-79.
2. Химченко П.В. Подбор полиакриламидов различных составов для увеличения нефтеотдачи пластов при применении технологии полимерного заводнения в условиях высокотемпературных коллекторов и пластовых вод с высокой минерализацией/П.В. Химченко// Нефтепромысловая химия. - 2017. - N 6. - С. 64-75.
3. Рахимов Ш.Г. Исследование влияния состава воды, используемой для приготовления полимерных композиций в промысловых условиях, на процесс гелеобразования и стабильность геля/Ш.Г. Рахимова, А.Н. Береговой, Н.А. Князева, О.М. Андриянова// Нефтяное хозяйство. – 2018. – N 7. – С. 28-31.
4. Калимуллина Г. З. Изучение влияния молекулярных характеристик полимеров ряда акриламида на свойства сшитых полимерных систем/Г.З. Калимуллина, И.М. Ганиев// Нефтегазовое дело. – 2021. – N 3. – С. 71-79.
5. Sydansk R.D. A Newly Developed Chromium (III) Gel Technology/R.D. Sydansk//SPE Reservoir Engineering. -1990. - P. 346-352.

УДК 622.276

Эффект от применения закачки CO₂ в нефтяной пласт на примере гидродинамической секторной модели

Гончаров И.П., Воробьев М.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

В настоящее время, в связи с повышенным интересом к вопросам изменения климата и сокращения углеродного следа компаний, широкое распространение получают проекты CCUS, и

как один из методов утилизации, активно используется закачка углекислого газа в нефтенасыщенные пласты. В нашей работе была построена гидродинамическая модель, на которой проводилась закачка газа, обращается внимание на эффективность закачки углекислого газа в нефтяной пласт. Рассмотрены эффекты, оказывающие положительное влияние на добычу нефти и осложнения, возникающие в процессе разработки. В первую очередь мы обращали внимание на возможность дополнительного прироста добычи нефти. Были рассмотрены изменения свойств нефти, а именно вязкость и плотность, в зависимости от содержания CO_2 в флюиде. А также проверена возможность доотмыва остаточной нефти из порового пространства.

В начале XXI века в мире появился интерес к вопросам изменения климата и причастности деятельности человека к этому процессу. Особое внимание уделяется теме антропогенной эмиссии парниковых газов. После 2015 года и Парижского соглашения наблюдается тенденция в сторону сокращения углеродного следа во многих отраслях мировой промышленности. Это не обходит стороной и нефтегазовые компании, доля прямых выбросов парниковых газов которых около 12%. В связи с этим основные стейкхолдеры в лице общественности, различных НКО и инвесторов оказывают влияние на нефтегазовые компании. Развитие технологий в этом направлении не ограничивается увеличением энергоэффективности, разработкой технологий для использования возобновляемых источников энергии. Также развиваются направления для сокращения и утилизации уже имеющихся выбросов. Так в 2019–2021 году международные нефтегазовые компании, такие как BP, Shell, ENI стали устанавливать для себя целевые показатели по сокращению выбросов парниковых газов от операционной деятельности компаний, а также косвенных эмиссий. Технологии улавливания, утилизации и хранения углерода (Carbon capture utilization and storage - CCUS) получают все больше интереса со стороны компаний [1]. Возможным вариантом утилизации CO_2 является его закачка в нефтяные пласты. Помимо избавления от выбросов этот метод также способен повлиять на конечную нефтеотдачу.

Основное преимущество CO_2 по сравнению с другими газовыми агентами, такими как ПНГ и азот, заключается в его лучшей растворимости в нефти. Растворяясь, углекислый газ увеличивает ее объемы в пластовых условиях, что позволяет добывать остаточные запасы, а также влияет на свойственные характеристики нефти и породы. При растворении в нефти и воде CO_2 улучшается смачиваемость породы водой, что приводит к отмыву нефтяной пленки с поверхности породы, переводя ее из пленочного состояния в капельное, таким образом увеличивая коэффициент вытеснения. Способность углекислого газа растворяться в воде позволяет части CO_2 , обладающего лучшей растворимостью в углеводородных жидкостях, чем в воде, переходить в нефть. Также преимуществом закачки углекислого газа является способность увеличивать подвижность нефти. В соответствии с законами термодинамики при высокой степени расширения нефти часть адсорбционного слоя нефти в порах освобождается, вязкость под влиянием растворенного газа понижается, и нефть становится подвижной [2].

В пластовых условиях газ может находиться в трех состояниях: газообразное, жидкое, сверхкритическое. Газообразное состояние достигается при значениях температуры выше $31,2^\circ\text{C}$, при таком состоянии углекислого газа обеспечивается несмешивающийся режим вытеснения. Давление и температура газа, при котором он переходит в сверхкритическое состояние, равняются $7,2\text{ МПа}$ и $31,2^\circ\text{C}$. В сверхкритическом состоянии плотность углекислого газа соответствует плотности жидкости, а вязкость и поверхностное натяжение – газу. При данных агрегатных состояниях обеспечивается смешивающийся режим вытеснения.

Несмотря на достоинства закачки углекислого газа, его использование имеет ряд ограничений и недостатков. Самыми распространенными проблемами являются стоимость углекислого газа и его коррозионная активность. Высокие цены на CO_2 обусловлены затратами на его улавливание и транспортировку. Улавливание больших объемов CO_2 возможно только на угольных электростанциях и подобных объектах, это усложняет задачу транспортировки до отдаленных объектов, в тому же коррозионная активность требует постоянного обслуживания оборудования, что увеличивает затраты на использование CO_2 . Также стоит отметить, что нестабильная доставка газа может отрицательно повлиять на добычу нефти. Вытеснение нефти

диоксидом углерода представляет собой достаточно сложный процесс, при котором проявляются эффекты массообмена, капиллярные и гравитационные. В процессе разработки требуется постоянный контроль за распространением CO₂ внутри пласта, его влиянием на пластовые условия, так при отсутствии должного контроля чрезмерная закачка углекислого газа может вызвать понижение температуры, что способствует выделению асфальтено-смолисто-парафиновых отложений. Еще одним недостатком данной технологии является то, что диоксид углерода относится к газам, которые при насыщении их парами воды могут образовывать кристаллогидраты.

Основные цели и задачи исследования

В данной работе мы хотели провести первичные исследования влияния CO₂ на пласт для дальнейшего применения технологий утилизации и захоронения. Задачами исследования мы обозначили для себя проанализировать влияние CO₂ на пластовый флюид при применении водогазового воздействия на пласт и возможность использования углекислого газа для доотмыва остаточной нефти из порового пространства. А также исследовать процесс растворения газа в нефти, тем самым изменяя ее вязкость и плотность.

Параметры гидродинамической модели

Симуляции проводились на секторной модели, которая имеет две скважины с горизонтальными участками (добывающая и нагнетательная). Основные параметры модели указаны ниже (таблица 1):

Таблица 1 – Параметры гидродинамической модели

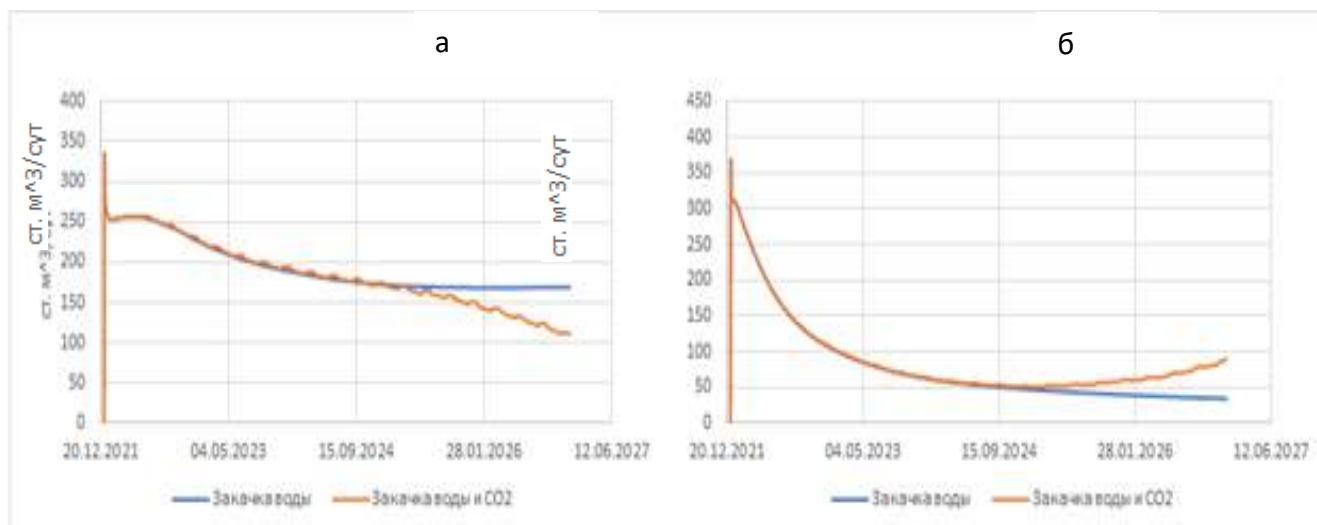
Размеры модели	475x1175x10 м
Расстояние между скважинами	300 м
Время расчета модели	5 лет
Пористость	0,3
Проницаемость	200 мД
Пластовое давление	200 бар
Пластовая температура	60 град. Цельсия
Состав нефти	C1 - 0.05 C2-C4 - 0.05 C5-C9 - 0.55 C10-C20 - 0.35

Пористость краевых ячеек была увеличена, а проводимость уменьшена, это было сделано для того, чтобы избежать резкого скачка давления в начале расчета модели. Также этот аквифер помогает не зажимать нефть по краям модели. Вязкость в модели определяется по зависимости Lohrenz-Bray-Clark. Время расчета модели составляет 5 лет с шагом в 1 день.

Результаты исследования

В процессе работы нами было рассчитано две модели, в первой использовалась закачка воды, по 200 кубометров в сутки. Начальные запасы модели составляли 698,978 тыс м³ нефти, за 5 лет разработки было добыто 146,515 тыс м³ нефти, КИН в этой ситуации равнялся 0,212. Дебит нефти и пластовое давление снижались в процессе добычи, никаких отклонений не замечалось, к началу 2025 года добыча нефти выходит на прямой участок со слабо изменяющимися дебитами. Дебит воды также уменьшается, однако в конце 26 года начинает незначительно увеличиваться, на основании чего можно сказать, что в будущем произойдет его увеличение. Вторая модель разрабатывалась водогазовым воздействием, закачка воды продолжалась на протяжении 2 месяцев по 200 кубометров, после этого ее сменяла закачка углекислого газа, CO₂ закачивался в объеме 90 тыс м³ в поверхностных условиях на протяжении месяца, после этого цикл закачки воды и газа повторялся до конца разработки. Изначально дебит нефти повторяет ситуацию с закачкой воды и постепенно снижается, однако с сентября 2024 года дебит начинает расти, это связано с отмывом нефти, остающейся в порах из-за действия капиллярного давления, в ситуации с первой моделью значение остаточной

нефтенасыщенности равняется 0,366, однако с закачкой газа это значение будет равно 0,311. За счет этого увеличения накопленная добыча нефти равняется 164,226 тыс. м³, значение КИН при этом равно 0,235. Во время увеличения дебита нефти дебит воды продолжает уменьшаться, по сравнению с первой моделью. С результатами исследования можно ознакомиться на рисунке 1.



а) дебит воды, б) дебит нефти

Рисунок 1 – дебиты жидкости в зависимости от агента закачки

Также нами было происследовано влияние закачки углекислого газа на изменение вязкости и плотности нефти. Диапазон изменения газонасыщенности варьируется от 0% до 60%, верхняя граница является максимальным значением смешиваемости в нашей модели. Как видно из результатов при смешивании нефти с газом ее вязкость начинает снижаться, с плотностью наблюдается обратная ситуация, с увеличением газонасыщенности плотность нефти увеличивается (таблица 2).

Таблица 2 -Изменение параметров нефти в зависимости от газонасыщенности

Параметр	Содержание газа в нефти				
	0%	25%	40%	50%	60%
Вязкость, сПз	3,0713	2,0069	1,4316	1,0366	0,6542
Плотность, кг/м ³	838,322	842,2429	844,086	845,1488	846,686

Выводы

В процессе нашей работы был изучен и подтвержден, с помощью гидродинамического моделирования, механизм добычи нефти с применением закачки углекислого газа. Исходя из полученных нами результатов можно сделать вывод о том, что способность углекислого газа добывать остаточную нефть может использоваться на месторождениях, находящихся на заключительных стадиях разработки, для увеличения их срока эксплуатации. Также способность CO₂ взаимодействовать с нефтью и уменьшать значение ее вязкости может быть применяться на месторождениях высоковязкой нефти.

Библиографический список:

1. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты в России / Е. Грушевенко, С. Капитонов, Ю. Мельников, А. Пердеро, Н. Шевелева // Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. – 2021. – с. 32–35. Текст: непосредственный.
2. Опыт применения углекислого газа для повышения нефтеотдачи пластов [Электронный ресурс] - <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35849> (11.03.2022)

Сравнительный анализ способов профилирования проводников вертикальных шахтных стволовГрибунина К.А.¹, Новоженин С.Ю.²*1 - ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», НШПП «Яреганефть», пгт. Ярега, Россия,**2 - Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

Периодическое профилирование проводников вертикальных шахтных стволов является необходимым условием безопасной эксплуатации подъемного комплекса. Контролем армирования ствола является профильная съемка каждого проводника в двух взаимно перпендикулярных направлениях, параллельных осям ствола.

На сегодняшний день существует четыре основных способа профилирования:

1. Геометрический;
2. Оптический;
3. Автоматический на основе профилировочных станций (СИ, СПП);
4. Автоматический с применением лазерно-сканирующих и инерциальных систем.

Геометрическое профилирование проводников выполняется на каждом ярусе расстрелов. Измерения проводятся бригадой маркшейдеров, стоящих на клетки, рулетками от отвесов, опущенных на всю длину ствола вдоль каждого проводника. Преимуществами данного способа является простота и надежность, недостатками – колоссальная трудоемкость и опасность работ в стволе [1]. Стоит отметить, что себестоимость такого вида профилирования напрямую зависит от скорости выполнения работ, так как на время их выполнения эксплуатация ствола приостанавливается. Следовательно, для расчета стоимости работ необходимо учитывать простой горношахтного оборудования.

Оптическое профилирование проводников производится с помощью проектиров направлений ПН-1м, теодолитов и сигнальной рамы с отсчетными шкалами. Принцип работы заключается в следующем: сигнальная рама, подвешенная на тросе, последовательно устанавливается на расстрелах. Теодолитами (находятся в клетки) визированием сверху вниз производят измерения по шкалам на сигнальной раме. Движение системы происходит вниз по стволу с использованием связующих ярусов.

Автоматическое профилирование проводников вертикальных стволов шахт измерительной станцией.

Станция СИ-1 (СИ-4, СИ-5м) дает возможность с достаточной степенью точности автоматически измерять углы отклонения проводника от вертикали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (лобовой и боковой) и фиксировать их непрерывно с построением профилей на фотопленке шириной 24 мм. Кроме того, прибор автоматически регистрирует изменение расстояния между проводниками и записывает их на парафинированной бумажной ленте.

Недостатками станции СИ-1 являются невозможность измерения ширины колеи проводников, их смещений и сложность ее настройки.

На сегодняшний день кафедрой Маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского национального исследовательского политехнического университета разработана станция профилирования проводников шахтных стволов СПП-1. Информационно-измерительная система СПП-1 предназначена для сбора данных о фактическом положении проводников в шахтном стволе и последующего вычисления отклонения проводников от вертикали пролетов проводников между смежными ярусами расстрелов и ширины колеи проводников. Измерение колеи, износа проводников, зазоров безопасности между подъемным сосудом и расстрелом осуществляется лазерными датчиками. За отклонение проводников от вертикали отвечают двухосевые датчики угла наклона серии AnguSens. Процесс производства измерений, считывания отсчетов и вычислительной обработки полностью автоматизированы.

Автоматический способ профилирования на основе лазерно-сканирующих систем (технология, предложенная компанией DMT). Система состоит из двух компонентов: инерциального измерительного блока, который отслеживает положения клетки по глубине, и лазерного сканера, используемого для фиксирования положения стенок шахтного ствола и оборудования. Результатом съемки является облако точек, полученное в процессе сканирования.



Рисунок 1. Информационно-измерительная система СПП-1

Геометрическое и оптическое профилирование проводников в настоящее время теряют свою актуальность. Они требуют большего количества времени для выполнения, что влечет за собой более длительные остановки производственного процесса, которые являются экономически нецелесообразными.

Автоматизированные системы, в свою очередь, набирают популярность, так как повышают безопасность, скорость и точность измерений.

Преимущества при использовании СПП-1:

- Минимальное время на производство работ (1 час при $H=500$ м.);
- Монтирование станции без сварочных работ;
- Искровзрывобезопасное исполнение;
- Защита от пыли и влаги IP67;
- Рабочая температура от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- Бесконтактные лазерные измерители;
- Беспроводная передача данных на блок управления;
- Полная компьютерная обработка результатов;
- Профилирование в прямом и обратном направлении с анализом точности результатов;
- Фото и видео сопровождение профилировки.

Однако недостатком СПП-1 является невозможность съемки канатных проводников.

Применение лазерно-сканирующих систем помогает решить эту проблему при использовании системы кинематического обследования стволов: канатных и с жесткой армировкой. Также плюсами этой системы являются:

- Высокая точность измерений;
- Безопасность выполнения работ;
- Возможность использования этой технологии в шахтах опасных по газу;
- Достаточно небольшое время производства работ (стандартная продолжительность процесса монтажа, измерений и демонтажа для ствола 1000 м с одной клетью: 6-10 часов).

Итогом работы системы кинематического обследования стволов является облако точек лазерных отражений, полученное со сканеров. Благодаря этому при обработке появляется возможность увидеть все объекты в стволе и проанализировать их состояние. Но для обработки такого массива данных необходима очень мощная вычислительная техника. Главным недостатком этого типа профилирования является высокая стоимость лазерно-сканирующих систем.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что для отечественных предприятий наиболее перспективным способом профилирования является применение станций СПП-1, сочетающих в себе доступную цену, безопасность и точность измерений.

Библиографический список:

1. Грибунина, КА Сравнительный анализ способов профилирования проводников вертикальных шахтных стволов/КА Грибунина; науч. рук. СЮ Новоженин//Минерально-сырьевой комплекс: инженерные и экономические решения: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию БНТУ, 29 октября 2020 г./редкол. СЮ Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 319-320.

УДК 622.276.43:543-4

Применение метода характеристик вытеснения для анализа разработки объекта БС6 тепловского нефтяного месторождения

Полубоярцев Е.Л., Ильясов В.Х., Бобрик М.М., Сергеев А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Характеристики вытеснения [1, 2] применяются как для оценки технологических эффектов от реализации отдельных технологических процессов (заводнение, применение процессов воздействия на пласт химическими реагентами и разными вытесняющими агентами, осуществление ГТМ по повышению производительности скважин и т.д.), так и для краткосрочного прогнозирования технологических показателей разработки залежей (на перспективу не более чем 3-5 лет) и оценка извлекаемых запасов нефти.

Объектами применения метода характеристик вытеснения являются объемы пласта, отделенные от других его частей естественными или искусственными границами (ряды нагнетательных скважин, линзы, полулинзы, блоки рядных систем заводнения, тупиковые зоны и т.д.)

Характеристики связывают как интегральные (накопленная добыча нефти, воды, жидкости и др.), так и дифференциальные (текущий дебит, обводненность и др.), или то и другое вместе. Практика показывает, что наиболее устойчивыми являются интегральные характеристики, т.к. дифференциальные сильно реагируют на изменение региона разработки залежи.

Все характеристики вытеснения подразделяются на две группы: предельные и беспредельные. Предельная характеристика – это такая характеристика, когда при устремлении интегральной характеристики – накопленного количества добытой воды или жидкости, вторая интегральная характеристика – накопленная добыча нефти стремится к определенному пределу – объекта. извлекаемым запасам нефти из рассматриваемого

Беспредельная характеристика, соответственно такая, когда при устремлении накопленной добычи воды или жидкости к бесконечности, накопленная добыча нефти также стремится к бесконечности.

Следует иметь в виду, что каждая характеристика вытеснения получена для определенного диапазона факторов, поэтому она имеет свои границы применимости, за пределами которых она, по сути, не действует. Все характеристики вытеснения справедливы, т.е. являются линейными, в соответствующих координатах лишь определенных ограниченных пределах, начиная с определенного обводнения добываемой продукции. Этот момент зависит от соотношения вязкостей нефти и воды, темпа обводнения добываемой продукции, характера неоднородности разрабатываемого пласта, особенности применяемой системы разработки и т.д. Так, для маловязких нефтей, характеристика вытеснения близка к линейной только в диапазоне малой обводненности, а для высоковязких и вязких – при очень высокой обводненности.

При практических расчетах (оценка нефтеотдачи или извлекаемых запасов нефти для подтверждения объективности результатов гидродинамического моделирования) обычно пользуются несколькими характеристиками вытеснения. Для выбора лучших моделей используют метод дискриминантного анализа Бокса – Хилла. По совокупности значений извлекаемых запасов берут модальное значение, которое и принимается за искомую величину начальных извлекаемых запасов. Остаточные запасы, соответственно будут равны за вычетом добытого количества из залежи приведенного к пластовым условиям. Полученные данные используют для построения карт остаточной нефтенасыщенности.

На основе промысловых данных пласта БС₆ Тепловского нефтяного месторождения (таблица 1) были построены графики, с использованием методов Пирвердяна и Сазонова, для определения количественной эффективности гидродинамических методов увеличения текущей и конечной нефтеотдачи.

В таблице 1 отображены данные для показатели разработки пласта БС₆ Тепловского месторождения. На основании представленных на рисунке 1 данных были проведены расчеты с использованием методов Пирвердяна и Сазонова.

1) *Характеристика вытеснения методом А. М. Пирвердяна:*

Метод Пирвердяна А.М. предложен следующей зависимостью:

$$Q_n = a + \frac{b}{\sqrt{Q_{ж}}}; \quad (1)$$

где Q_n – накопленная добыча нефти, тыс.т;

$Q_{ж}$ – накопленная добыча жидкости, тыс.т.;

a, b – коэффициенты, определяемые статистической обработкой фактической данных.

Для определения коэффициентов a и b найдем следующие величины:

$$Y = Q_n; \quad (2)$$

$$X = \frac{1}{\sqrt{Q_{ж}}}; \quad (3)$$

где X , Y – точки для построения зависимости накопленной добычи нефти (Q_n) и обратному корню накопленной добычи жидкости ($\frac{1}{\sqrt{Q_j}}$).

Таблица 1 – Данные для построения графиков для оценки характеристик вытеснения

Год	Фонд добывающих скважин	Добыча нефти Q_n , тыс. т	Добыча жидкости и Q_j , тыс. т	Накопленная добыча нефти Q_n , тыс. т	Накопленная добыча жидкости Q_j , тыс. т	$1/(V_j)^{1/2}$	$\ln(V_j)$
1977	2	15	15,9	15	15,9	0,25078	2,766
1978	10	29	30	44	45,9	0,14760	3,826
1979	28	17	18,3	61	64,2	0,12480	4,162
1980	58	17,8	19,5	78,8	83,7	0,10930	4,427
1981	78	1051	1141	1129,8	1224,7	0,02857	7,110
1982	98	1103,4	1273	2233,2	2497,7	0,02000	7,823
1983	97	1350	1901,4	3583,2	4399,1	0,01507	8,389
1984	93	1512	2129,8	5095,2	6528,9	0,01237	8,783
1985	94	1457	2729,7	6552,2	9258,6	0,01039	9,133
1986	97	1404,3	2793	7956,5	12051,6	0,00910	9,396
1987	110	1251	3061,2	9207,5	15112,8	0,00813	9,6233
1988	105	1001,7	2974	10209,2	18086,8	0,00743	9,802
1989	111	983,9	2998,6	11193,1	21085,4	0,00688	9,956
1990	112	802,4	2982,1	11995,5	24067,5	0,00644	10,0886
1991	123	750	2757,4	12745,5	26824,9	0,00610	10,197
1992	116	521,7	2371,2	13267,2	29196,1	0,00585	10,2818
1993	102	453	2109,8	13720,2	31305,9	0,00565	10,351
1994	79	468,8	1888,4	14189	33194,3	0,00548	10,410
1995	90	498	2003,7	14687	35198	0,00533	10,468
1996	78	471	1802,1	15158	37000,1	0,00519	10,518
1997	76	447,8	1500,6	15605,8	38500,7	0,00509	10,558
1998	98	434,1	1809,4	16039,9	40310,1	0,00498	10,604
1999	108	407,7	1975	16447,6	42285,1	0,00486	10,652
2000	107	430,3	2682	16877,9	44967,1	0,00471	10,713
2001	105	449,6	2743,4	17327,5	47710,5	0,00457	10,772
2002	105	471,2	2789,6	17798,7	50500,1	0,00444	10,829
2003	105	493	2838	18291,7	53338,1	0,00432	10,884
2004	103	469,4	4102,1	18761,1	57440,2	0,00417	10,958
2005	104	450,8	4069,4	19211,9	61509,6	0,00403	11,026
2006	110	529,7	4502,6	19741,6	66012,2	0,00389	11,097
2007	117	536,4	5098,2	20278	71110,4	0,00375	11,172
2008	108	532	5609,1	20810	76719,5	0,00361	11,247
2009	101	464,2	5046,7	21274,2	81766,2	0,00349	11,311
2010	96	421,1	5278,6	21695,3	87044,8	0,00338	11,374
2011	96	368,2	6683,4	22063,5	93728,2	0,00326	11,448
2012	87	318,8	5808,1	22382,3	99536,3	0,00316	11,508
2013	78	299	6723,4	22681,3	106259,7	0,00306	11,573
2014	79	272,4	6849,9	22953,7	113109,6	0,00297	11,636
2015	76	249	6768,1	23202,7	119877,7	0,00288	11,694
2016	80	234,3	6631,7	23437	126509,4	0,00281	11,748

Произведем расчет накопленной добычи нефти по данной методике. Пример расчета представлен для пятнадцатого года:

$$Q_{н1} = 30393 + \frac{-3E + 06}{\sqrt{26824,9}} = 12076,1 \text{ тыс. т};$$

По результатам была построена линия тренда, благодаря которой можно получить коэффициенты a и b , которые соответственно равны 30393 и $-3E+06$. Характеристика вытеснения для пласта БС₆ по методу Пирвердяна А.М. будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{н} = 30393 + \frac{-3E+06}{\sqrt{Q_{ж}}}; \quad (4)$$

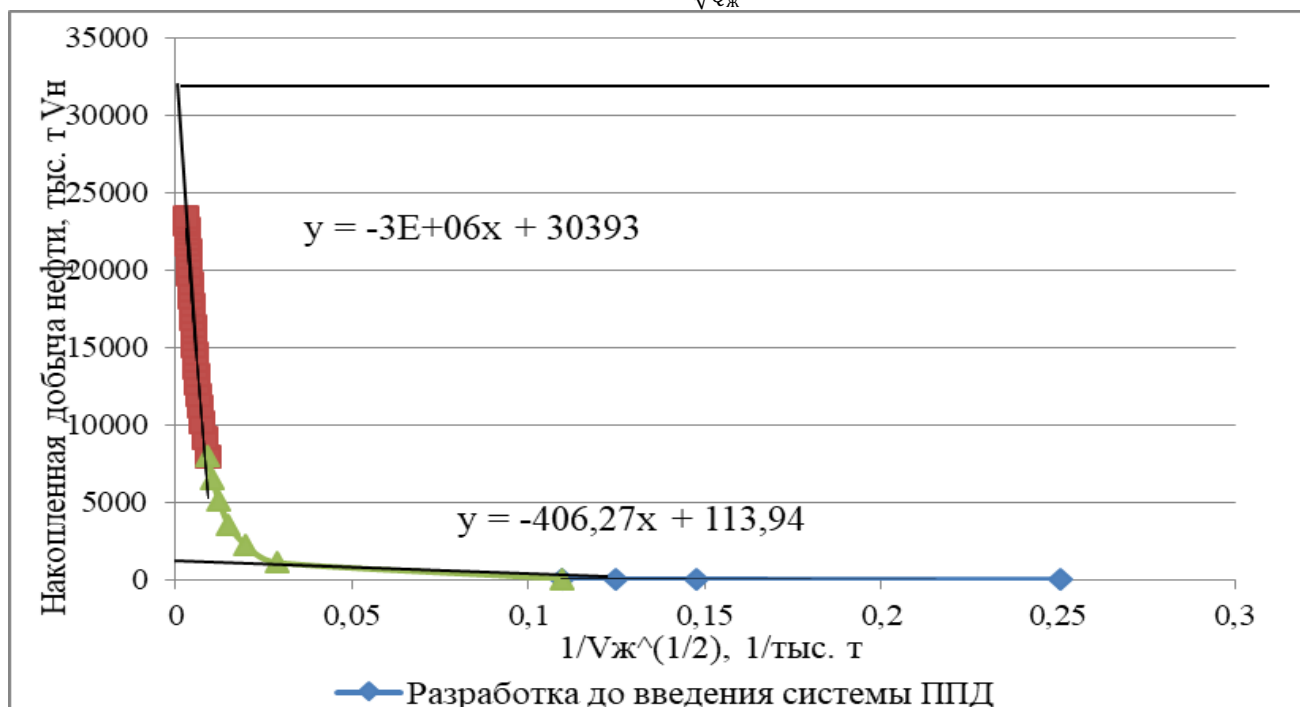


Рисунок 1 - Характеристика вытеснения, полученная по методу Пирвердяна.

Из рисунка 1 можно увидеть, что извлекаемые запасы составляют около 32000 тыс. тонн нефти. Дополнительная добыча нефти за счет введение системы ППД и влиянию законтурных вод составила около 30000 тыс. тонн нефти.

2) Характеристика вытеснения методом Сазонова:

Метод Сазонова Б.Ф. характеризуется следующей зависимостью:

$$Q_{н} = a + b * \ln(Q_{ж}); \quad (5)$$

Для определения коэффициентов a и b найдем следующие величины:

$$Y = Q_{н}; \quad (6)$$

$$X = \ln(Q_{ж}); \quad (7)$$

По найденным точкам построена зависимость представленная на рисунке 3.

По результатам была построена линия тренда, благодаря которой можно получить коэффициенты a и b , которые соответственно равны -58981 и $7066,7$. Характеристика вытеснения для пласта БС₆ Тепловского месторождения по методу Сазонова будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{н} = -58981 + 7066,7 * \ln(Q_{ж}); \quad (8)$$

Произведем расчет накопленной добычи нефти по данной методике. Пример расчета представлен для пятнадцатого года:

$$Q_{н1} = -58981 + 7066,7 * \ln(26824,9) = 13078,75 \text{ тыс. т};$$

На рисунке 2 изображена характеристика вытеснения, полученная по методу Сазонова.

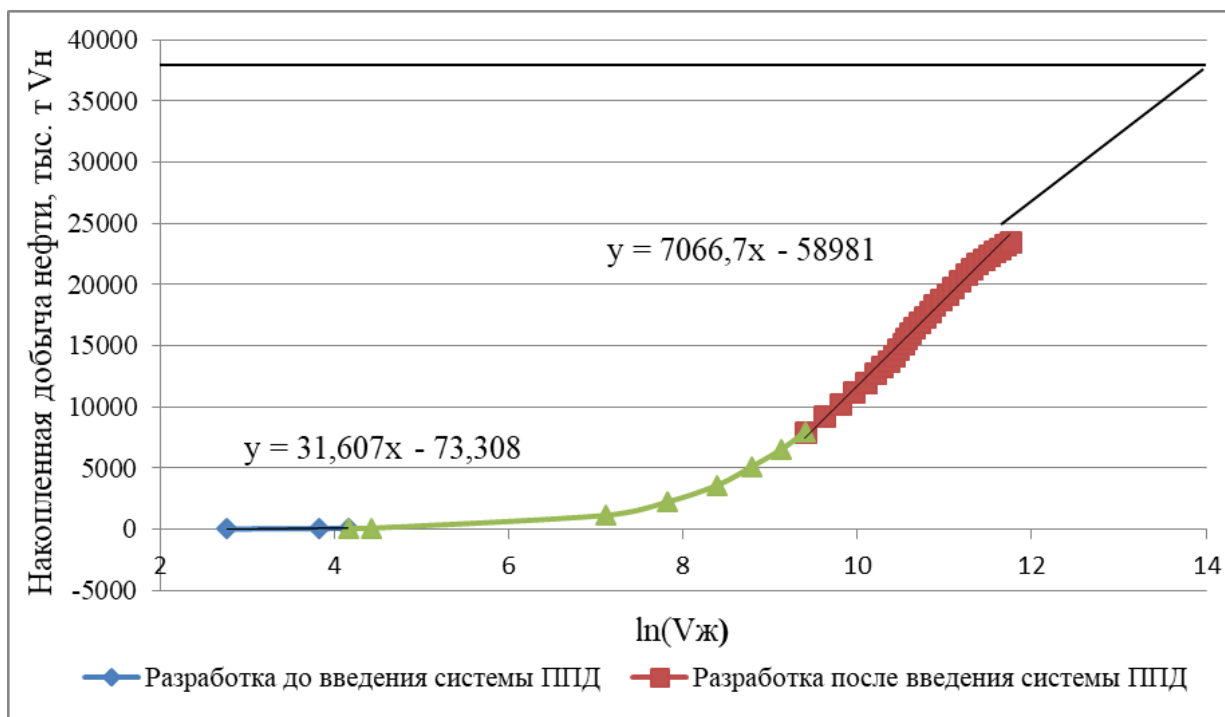


Рисунок 2 – Характеристика вытеснения методом Сазонова.

Из рисунка 2 можно увидеть, что извлекаемые запасы составляют около 37000 тыс. тонн нефти. Дополнительная добыча нефти за счет введения системы ППД и влияния законтурных вод составила около 32000 тыс. тонн нефти.

По рисункам 2 и 3 видно, что резкое увеличение накопленной добычи нефти происходит за счет увеличения действующего фонда скважин с 0 до 58.

Библиографический список:

1. Савельев В. А. Геолого-промысловые методы прогноза нефтеотдачи: Учеб. пособие / В. А. Савельев, М. А. Токарев, А. С. Чинаров.– Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2008.– 147 с.
2. Харисов М. Н. Алгоритм определения характеристик вытеснения в условиях несовершенства данных / М. Н. Харисов, Э. А. Юнусова, Э. А. Харисова, Р. А. Майский // НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО. – 2018. – т. 16. - № 6. – С. 20-25.

УДК 622.692.4.076:620.193/.197

О необходимости повышения дозировок ингибиторов коррозии для защиты нефтепромыслового оборудования от локальной углекислотной коррозии

Исхакова Г.Р.

Научный руководитель – Маркин А.Н.

*Филиал Тюменского индустриального университета в г. Нижневартовске,
г. Нижневартовск, Россия*

Основным видом коррозионных повреждений нефтепромыслового оборудования при углекислотной коррозии является локальная коррозия в виде язв и свищей питтингов и т.д. [1]. Именно локальная коррозия внутренней поверхности трубопроводов систем сбора нефти (ТССН) приводит к нарушениям их герметичности, локальная коррозия насосно-компрессорных труб и другого внутрискважинного оборудования – к преждевременным подземным ремонтам скважин, необходимости замены оборудования, вышедшего из строя в результате коррозии, и временным потерям добычи нефти.

Многолетний опыт борьбы с коррозией в нефтегазодобывающей промышленности показывает, что применение ингибиторов коррозии (ИК) здесь особенно эффективно как с технической, так и с экономической точек зрения для защиты от коррозии внутренней поверхности ТССН и, при определенных условиях, внутрискважинного оборудования.

В [1, 2] показано, что ИК, снижая коррозионный расход (КР), могут не только не снижать скорость локальной коррозии (ЛК), но стимулировать развитие ЛК. Чаще всего это связано с недостаточной концентрацией (дозировкой) ИК. Показано, что при определенной концентрации ИК происходит стимулирование ЛК [2]: «ингибитор марки А при концентрации 50 мг/дм³ стимулирует локальную коррозию, а при дозировке 75 мг/дм³ не обеспечивает защиту от локальной коррозии», в то же время этот ИК при концентрации 50 мг/дм³ обеспечивает защитный эффект 89 – 90% по отношению к КР. Несмотря на этот и другие многочисленные аналогичные факты (например [3]), в нефтегазодобывающей промышленности ИК чаще всего применяют при дозировках от 25 до 40 мг/дм³ (на общий объем жидкости (нефть + вода)), то есть при тех концентрациях, которые обеспечивают защитный эффект по отношению к КР.

Ниже приведены ретроспективные данные, полученные на различных месторождениях, показывающие, что для защиты от локальной углекислотной коррозии дозировки ИК 25...40 мг/дм³ (мг/дм³ ≈ г/тонну) являются недостаточными.

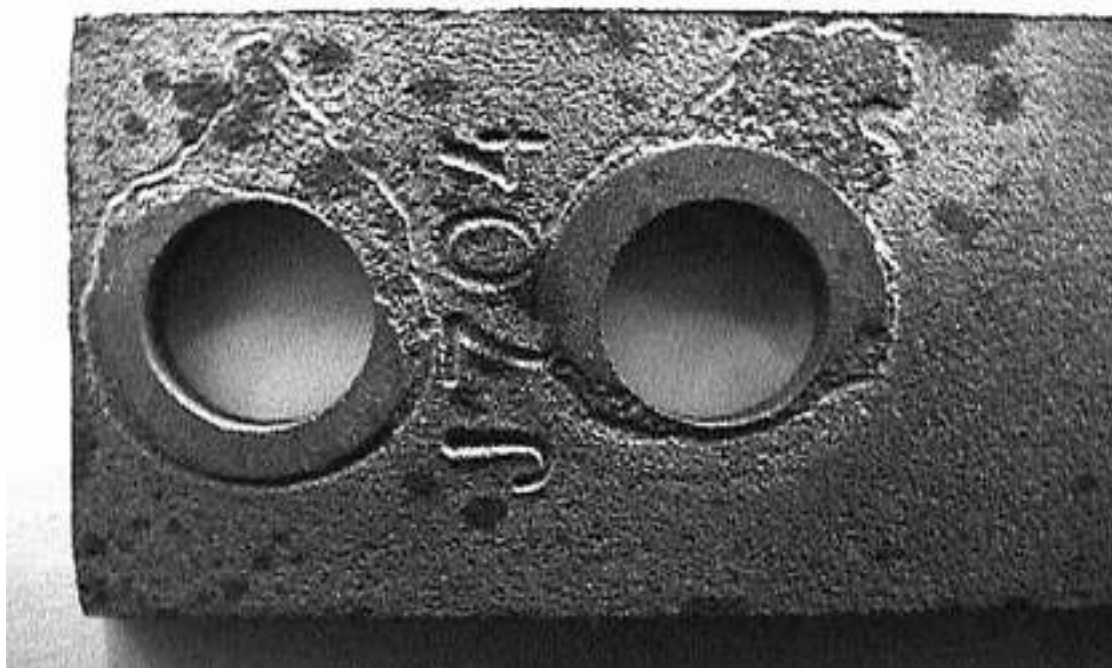


Рисунок 1 – Ван-Еганское месторождение, трубопровод Ø219×11 мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%.

Внешний вид ОКК без применения ИК, экспозиция 42 сут.

1. Ван-Еганское месторождение, трубопровод Ø219×11 мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%. Без ИК коррозионный расход (КР) в условном пересчете на скорость коррозии составлял 1,0356 мм/год, максимальная скорость ЛК > 2,6 мм/год (время экспозиции образцов контроля коррозии (ОКК) – 42 сут.) Внешний вид ОКК показан на рис. 1.

При опытно-промышленных испытаниях (ОПИ) (1998 г., 38 сут.) ИК KW-2068 (водорастворимый, действующее вещество – четвертичные соли аммония 10 – 30 % мас.) с дозировкой 25 – 35 г на тонну жидкости получены следующие результаты: КР в условном пересчете на скорость коррозии 0,2419 мм/год, максимальная скорость ЛК > 4,8 мм/год. Защитный эффект по КР – 76,6%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует (стимулирование ЛК). Внешней вид ОКК показан на рис. 2.

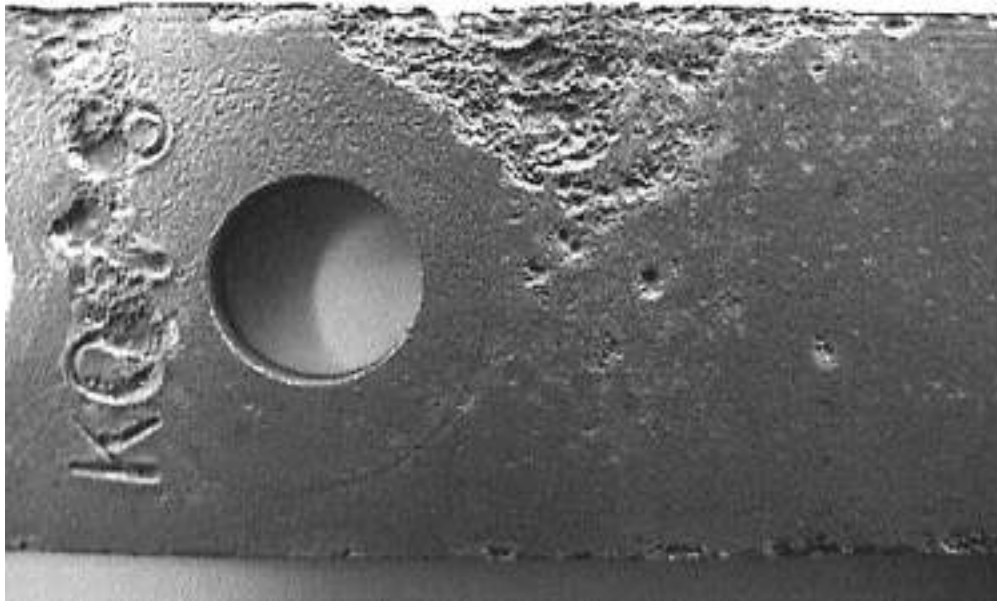


Рисунок 2 – Ван-Еганское месторождение, трубопровод $\text{Ø}219 \times 11$ мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%. Внешний вид ОКК после ОПИ ИК KW-2068, экспозиция 38 сут. Защитный эффект по КР – 76,6%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует (стимулирование ЛК).

При ОПИ (1999 г., 48 сут.) ИК KW-10 (водорастворимый, действующие вещества, % мас.: соли имидазолинов – 10...30, четвертичные соли аммония – 1...5) с дозировкой 25 – 35 г на тонну жидкости получены следующие результаты: КР в условном пересчете на скорость коррозии 0,3332 мм/год, максимальная скорость ЛК > 3,2 мм/год. Защитный эффект по КР – 67,8%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует (произошло стимулирование ЛК). Внешней вид ОКК показан на рис. 3.

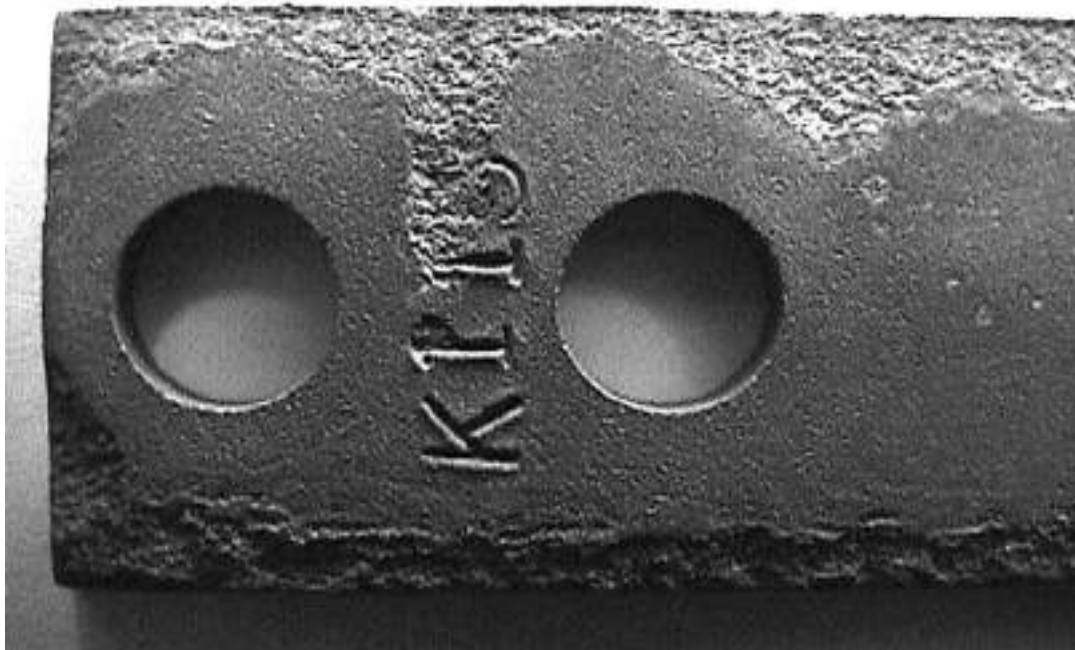


Рисунок 3 – Ван-Еганское месторождение, трубопровод $\text{Ø}219 \times 11$ мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%. Внешний вид ОКК после ОПИ ИК KW-10, экспозиция 48 сут. Защитный эффект по КР – 67,8%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует (стимулирование ЛК).

При ОПИ (1999 г., 54 сут.) ИК KW-2617 (водорастворимый, действующие вещества, % мас.: амидимидазолины – 10...30, гетероциклические четвертичные соли аммония – 10...30, оксиалкилированные амины – 1...5) с дозировкой 25 г на тонну жидкости получены следующие результаты: КР в условном пересчете на скорость коррозии 0,1107 мм/год, максимальная скорость ЛК ~ 2,6 мм/год. Защитный эффект по КР – 89,3%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует. Внешний вид ОКК показан на рис. 4.

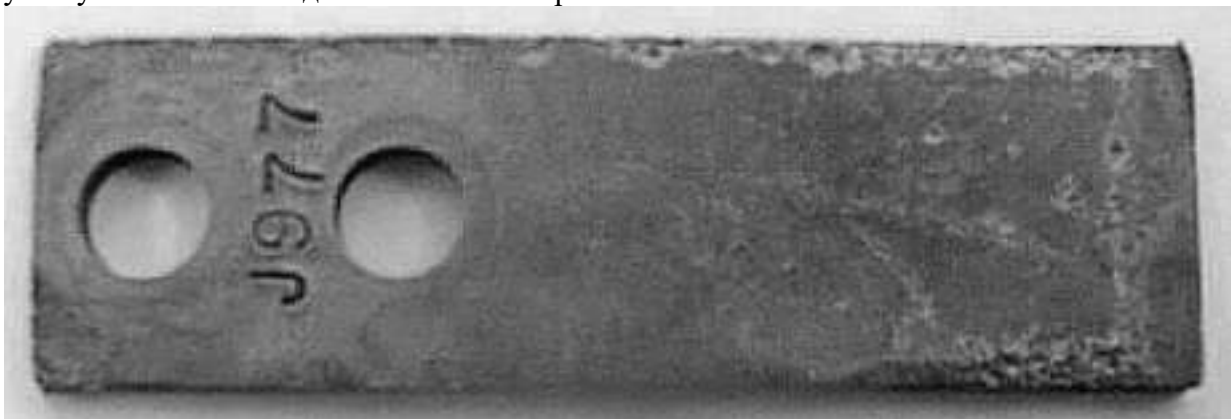


Рисунок 4 – Ван-Еганское месторождение, трубопровод $\text{Ø}219 \times 11$ мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%. Внешний вид ОКК после ОПИ ИК KW-2617, экспозиция 54 сут. Защитный эффект по КР – 89,3%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует.

При ОПИ (1999 г., 63 сут.) ИК Корексит SXT 1002 (водорастворимый, действующие вещества, % мас.: смесь четвертичных аммониевых соединений – 1...3%, соли имидазолинов 15...20) с дозировкой 25 – 35 г на тонну жидкости получены следующие результаты: КР в условном пересчете на скорость коррозии 0,0707 мм/год, максимальная скорость ЛК ~ 2,6 мм/год. Защитный эффект по КР – 93,2%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует. Внешний вид торцевой поверхности ОКК с ЛК показан на рис. 5.



Рисунок 5 – Ван-Еганское месторождение, трубопровод $\text{Ø}219 \times 11$ мм, эмульсионный режим течения (газ, нефть, вода, газ), дебит жидкости 1100 – 1400 м³/сут., обводненность 70 – 80%. Внешний вид торцевой поверхности ОКК с локальной коррозией после ОПИ ИК Корексит SXT 1002, экспозиция 63 сут. Защитный эффект по КР – 93,2%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует.

2. Западно-Сургутское месторождение, 2001 г. [4]. ОПИ ИК KW-2593 (водорастворимый, действующие вещества, % мас.: амидимидазолины – 10...30, гетероциклические четвертичные соли аммония – 10...30, оксиалкилированные амины – 1...5) проводили на трубопроводе $\text{Ø}327 \times 7$ мм длиной 6,7 км со среднесуточным расходом жидкости 6200 м³ и обводненностью ~85 % объемн. Перед началом испытаний в течение 77 сут. измеряли КР и скорость ЛК весовым методом. КР в условном пересчете на скорость коррозии составил 0,5233 мм/год, максимальная скорость ЛК – 9,9500 мм/год (внешний вид ОКК показан на рис.

б). ИК подавали в трубопровод в следующих концентрациях (в расчете на общую жидкость): 15 сут. – $47,0 \text{ г/м}^3$, 9 сут. – $29,4 \text{ г/м}^3$, 3 сут. – $16,5 \text{ г/м}^3$. КР в условном пересчете на скорость коррозии при подаче ИК (за 27 сут.) – $0,1540 \text{ мм/год}$, максимальная скорость ЛК – $9,4600 \text{ мм/год}$, защитный эффект по КР – $70,6 \%$, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует, несмотря на то, что средняя (за 27 сут.) дозировка ИК ($37,7 \text{ г/м}^3$) значительно превышала дозировку, при которой ИК показал высокий защитный эффект в лаборатории (20 г/м^3).



Рисунок 6 – Внешний вид ОКК при ОПИ ИК KW-2593: 1 – при измерениях контрольной скорости коррозии (77 сут.); 2 – при дозировании KW-2593 (27 сут.). Защитный эффект по КР – $70,6 \%$, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует

ИК Dodicor V 4712 (водорастворимый, действующее вещество алкилимидазолин ацетат, $25...35 \%$ мас.), постоянно применявшийся на этом трубопроводе с дозировкой $\sim 20 \text{ г/м}^3$ до описанных выше ОПИ, также не обеспечивал эффективное подавление локальной коррозии (рис. 7).



Рисунок 7 – Внешний вид ОКК при промышленном применении ИК Dodicor V 4712

3. Западно-Салымское месторождение, 2013 – 2015 гг. [4]. ИК Cortron R 5601 (водорастворимый) дозировали ($16 – 22 \text{ г/м}^3$ в расчете на общую жидкость), практически, во все ТССН Западно-Салымского месторождения несколько лет. Без применения ИК максимальная прогнозная скорость ЛК в ТССН Западно-Салымского месторождения $2,3 – 2,7 \text{ мм/год}$. Максимальная скорость ЛК при постоянном применении ИК Cortron R 5601 (2013 – 2015 гг.) составляла: по данным внутритрубной диагностики – $2,3 \text{ мм/год}$ (рис. 8), измеренная с помощью ОКК – $2,0 \text{ мм/год}$ (рис. 9). То есть ИК, при указанных дозировках, не снижал скорость ЛК. В то же время КР, измеренный с помощью ОКК, в среднем не превышал $0,05 \text{ мм/год}$.



Рисунок 8 – Локальная коррозия внутренней поверхности ТССН Ø325×9 мм Западно-Салымского месторождения



Рисунок 9 – Внешний вид ОКК при промышленном применении ИК Cortron R 5601

Об отсутствии защиты от локальной коррозии при постоянном применении ИК Cortron R 5601 (2013 – 2015 гг.) говорит и тот факт, что по данным внутритрубной диагностики число локальных коррозионных повреждений внутренней поверхности ТССН экспоненциально увеличивалось с течением времени [4].

4. Месторождение Мишовдаг (Азербайджан), 2006 г. Внутреннюю поверхность водовода низкого давления Ø254×10 мм длиной ~ 7 км транспортировавшего ~ 6000 м³/сут. подтоварной воды защищали водорастворимым ИК Nalco EC1304A с дозировкой 18 – 22 г/м³. КР в условном пересчете на скорость коррозии составил 0,237 мм/год, максимальная скорость ЛК – 7,09 мм/год. При относительно низком КР защита от ЛК отсутствовала, внешний вид ОКК показан на рис. 10.

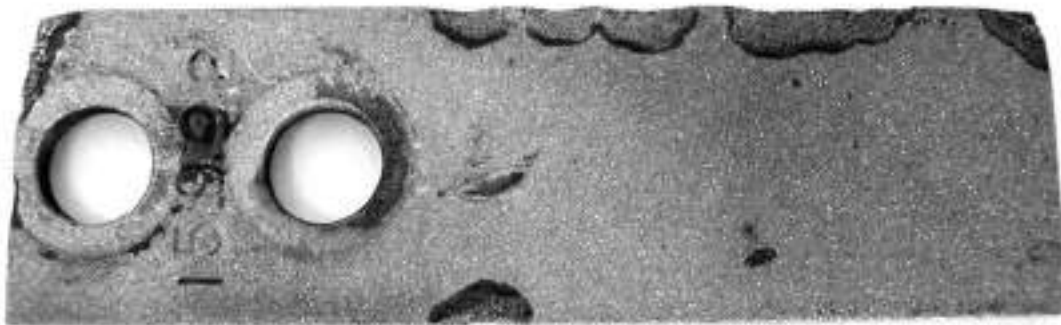


Рисунок 10 – Месторождение Мишовдаг (Азербайджан), водовод Ø254×10 мм длиной ~ 7 км дебит воды ~ 6000 м³/сут. ИК Nalco EC1304A, дозировка 18 – 22 г/м³. КР в условном пересчете на скорость коррозии 0,237 мм/год, максимальная скорость ЛК – 7,09 мм/год, защита от ЛК отсутствует (время экспозиции 103 сут.).

В [5] в лабораторных условиях тестировали промышленно применяемый водорастворимый ИК одного из ведущих западных производителей на защиту от ЛК при дозировке 50 мг/д³. Активные основы ИК – четвертичные аммониевые соединения и пленкообразующие амины. Продолжительность эксперимента – 72 ч. КР в условном пересчете на скорость коррозии составил 1,22 мм/год, максимальная скорость ЛК – 20,68 мм/год. Несмотря на то, что ИК показал довольно высокий защитный эффект по отношению к КР – 66 и 73%, на обоих ОКК хорошо видимы обширные локальные коррозионные повреждения – рис. 11.



Рисунок 11 – Лабораторный эксперимент на защитное действие ИК по отношению к ЛК. Водорастворимый ИК одного из ведущих западных производителей (активные основы – четвертичные аммониевые соединения и пленкообразующие амины). Продолжительность эксперимента – 72 ч. КР в условном пересчете на скорость коррозии 1,22 мм/год, максимальная скорость ЛК – 20,68 мм/год. Защитный эффект по КР – 69,5%, защитный эффект по скорости ЛК отсутствует (стимулирование ЛК).

Нормативные документы, в частности ГОСТ Р 55990-2014 «Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования» указывает: «15.5.1 Для защиты внутренней поверхности промысловых трубопроводов должна быть предусмотрена ингибиторная защита.», «15.5.3 Ингибитор коррозии необходимо применять, если измеренная опытным путем скорость коррозии транспортируемых по промысловым трубопроводам сред превышает 0,1 мм/год, что в соответствии со шкалой из ГОСТ 9.502 позволяет относить коррозионную активность эксплуатируемой системы к средней и более высоким степеням.». В этом ГОСТ не уточнено, что менее 0,1 мм/год должна быть скорость ЛК, но с учетом того, что именно ЛК приводит к негативным последствиям и осложняет добычу нефти, ясно, что снижать до < 0,1 мм/год с помощью ИК нужно скорость локальной коррозии.

Приведенные ретроспективные данные, результаты лабораторных экспериментов и многолетний практический опыт применения ИК для защиты нефтепромыслового оборудования показывают, что необходимо признать, что защитное действие ингибиторов коррозии по отношению к коррозионному расходу и по отношению к локальной коррозии – это две различные характеристики ингибиторов. Вторую необходимо измерять в лабораторных условиях перед промышленным применением ингибитора [5].

1. На практических примерах эксплуатации нефтепромыслового оборудования, результатах коррозионного мониторинга показана актуальность проблемы локальной углекислотной коррозии нефтепромыслового оборудования.

2. Показано, что дозировки ингибиторов коррозии 25-40 мг/дм³ (мг/дм³ ≈ г/тонну) являются недостаточными для защиты от локальной углекислотной коррозии.

3. Показано, что при высоком защитном действии ингибиторов коррозии по отношению к коррозионному расходу защитного действия по отношению к локальной коррозии может не быть: защитное действие ингибиторов коррозии по отношению к коррозионному расходу и по отношению к локальной коррозии – это две различные характеристики ингибиторов коррозии.

Библиографический список:

1. Ткачева В.Э., Бриков А.В., Лунин Д.А., Маркин А.Н. Локальная СО₂-коррозия нефтепромыслового оборудования: монография. – Уфа: РН-БашНИПИнефть, 2021. – 168 с.
2. Денисов П.Ю., Маркин А.Н., Бриков А.В. Оценка защитных свойств ингибиторов коррозии с помощью лабораторной установки «вращающийся барабан» // Нефтепромысловое дело. – 2017. № 10. С. 52–57.
3. Соснин Е.А., Сюр Т.А. Методические подходы к лабораторным испытаниям ингибиторов коррозии при выборе их к промышленному использованию // Нефтепромысловое дело. 2016. № 8. С. 58 – 60.
4. Маркин А.Н., Суховерхов С.В., Бриков А.В. Локальная углекислотная коррозия трубопроводов систем сбора нефти месторождений Западной Сибири // Нефтепромысловое дело. 2017. № 1. С. 46 – 48.
5. Ткачева В.Э., Маркин А.Н. Среда для лабораторных испытаний на локальную углекислотную коррозию // Практика противокоррозионной защиты. 2021. Т. 26, № 4. С. 7 – 17.

Обработка и анализ результатов ГДИ методом КВУ в скважинах пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения

Михайлова Ю.Е.

Научный руководитель – Дуркин В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одним из распространенных методов гидродинамических исследований на не уставившихся режимах фильтрации является исследование метод кривой восстановления уровня (КВУ). Данный метод основан на восстановлении уровня жидкости в затрубном пространстве после остановки скважины. Метод получил широкое распространение благодаря простоте проведения исследования. Для проведения исследования используется уровнемер, который устанавливается на устье исследуемой скважины. После остановки скважины уровнемер фиксирует сигналы отражения звуковых волн от границы раздела фаз газ-жидкость и давление в затрубном пространстве. Кривая уровня жидкости и кривая изменения затрубного давления используются для расчета забойного давления на верхние дыры перфорации по уравнению гидростатики. После чего происходит обработка полученной кривой восстановления забойного давления, и определяются фильтрационные параметры пласта.

Рассмотрим результат КВУ на примере одной из скважин пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения. Измерение уровня в затрубном пространстве происходит за счет интерпретации эхограмм. Принцип данного метода базируется на отражении звуковых волн об границу раздела жидкости в скважине, после чего происходит фиксация колебаний звуковых волн. Уровень в затрубном пространстве измеряется уровнемером типа СУДОС. На рисунке представлена одна из эхограмм, полученных в результате проведения ГДИС методом КВУ (рисунок 1). Видно, что на эхограмме чётко фиксируется высокоамплитудные колебания, которые были получены при отражении звуковой волны от границы жидкости в затрубном пространстве. Амплитуда колебаний постепенно уменьшается из-за нескольких отражений звуковой волны об границу раздела фаз.

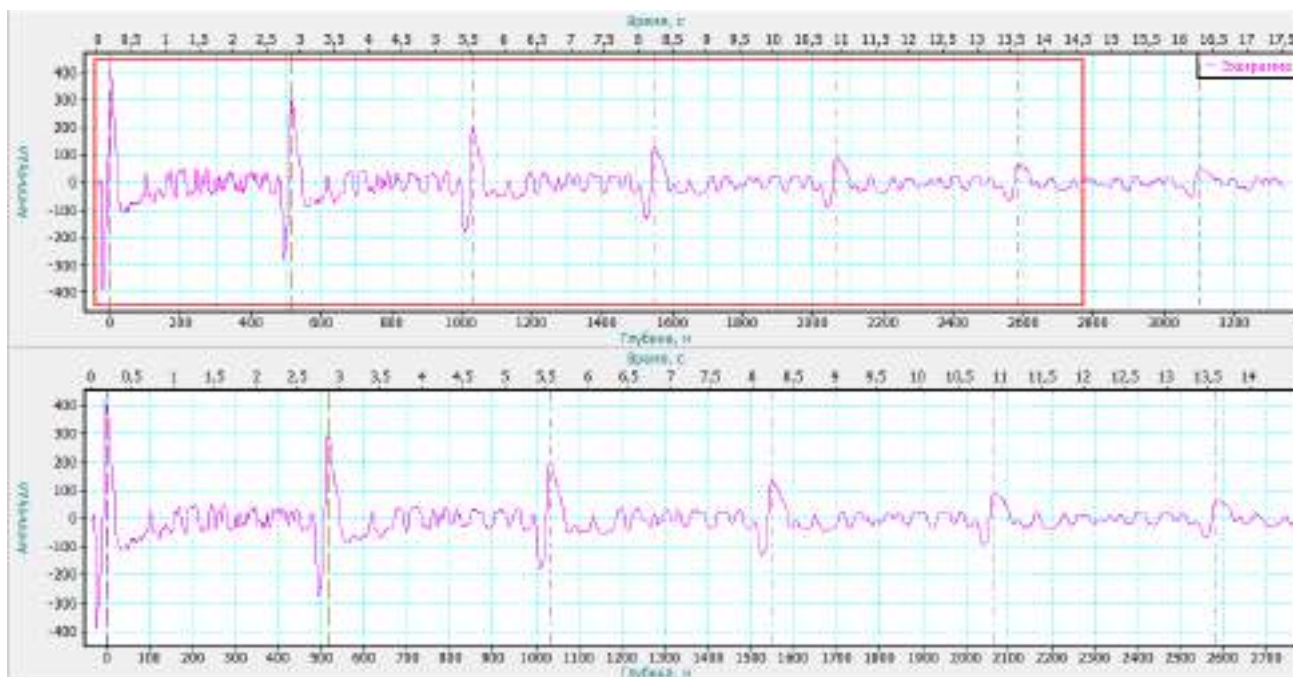


Рисунок 1 – Эхограмма в программе БД СИАМ при измерении КВУ

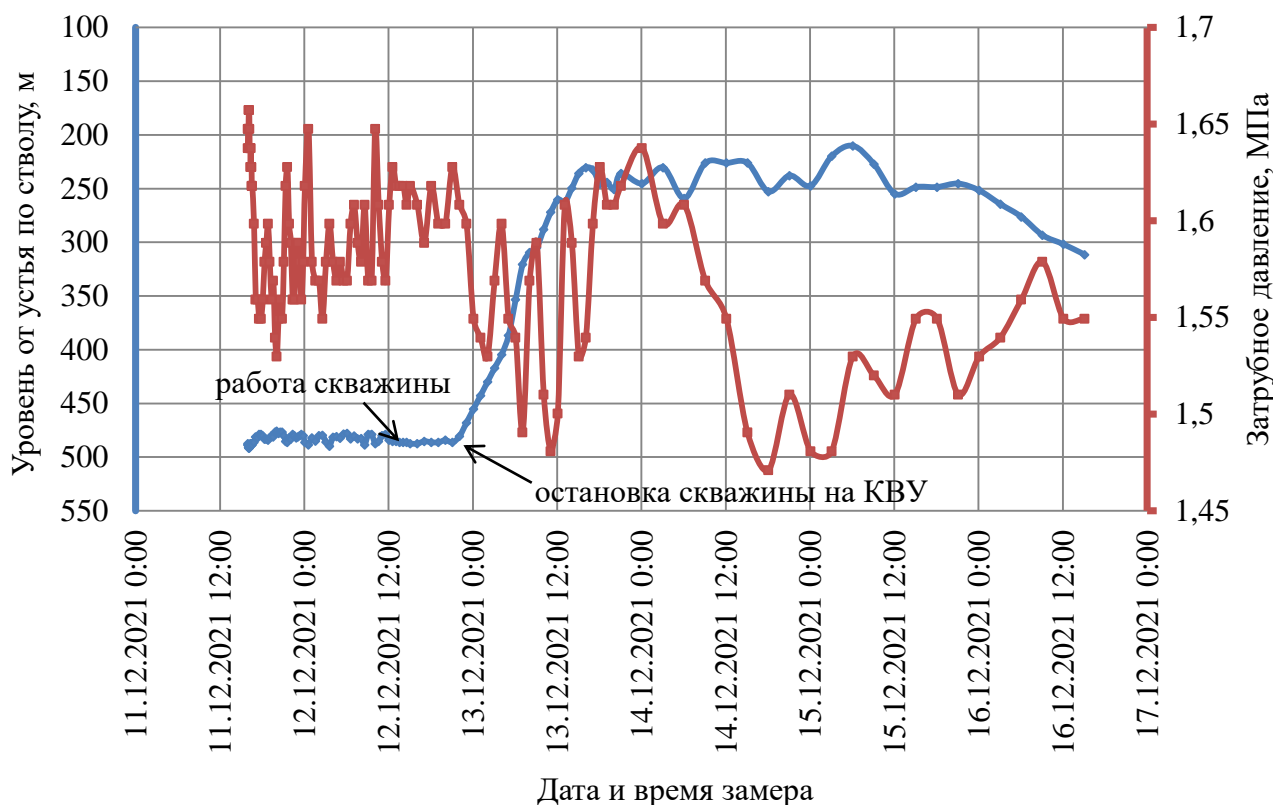


Рисунок 2 – Динамика уровня и затрубного давления исследуемой скважины

Согласно времени прохождения сигнала звуковой волны и известной скорости звука в газовой среде происходит расчёт уровня жидкости в скважине. В программе БД СИАМ, где происходит настройка периода амплитуды колебаний, определение уровня происходит как в автоматическом, так и в ручном режиме, путем настройки периода полученных высокоамплитудных колебаний. Уровень жидкости также равен расстоянию между высокоамплитудными колебаниями. В данном случае уровень равен 516,6 м, согласно скорости звука в газовой среде – 385 м/с.

Исходя из кривой затрубного давления (рисунок 2) в скважине видно, что её характер неоднозначен (восстанавливается до 15.12.2021 г., после чего имеет тенденцию снижения), что возможно связано с выделением газа из нефти после остановки скважины на замер КВУ. Также стоит отметить, что характерные неравномерные показания давления и уровня могут быть напрямую связаны с влиянием соседних скважин, как нагнетательных, так и добывающих, что в рамках проведения и интерпретации данных исследования не учитывается. Влияние может быть за счёт наличия гидродинамических связей через каналы с низким фильтрационным сопротивлением, которые представлены преимущественно трещинами в коллекторе пермокарбоневой залежи Усинского месторождения. Явным подтверждением влияния соседних скважин и наличия гидродинамической связи может стать результаты соседних скважин при одновременной остановке скважин, что на сегодняшний день выполнить почти не представляется возможным из-за контроля отборов нефти по залежи и сохранения технологического режима эксплуатации.

По полученным данным производится расчёт забойного давления на верхние дыры перфорации скважины по вертикали с учетом удлинения скважины на данной глубине. Методика обработки результатов ГДИС состоит в следующем. Первоначально производится расчет средней плотности флюида до глубины верхних дыр перфорации скважины, по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_n \cdot (100 - n)}{100} + \frac{\rho_v \cdot n}{100}, \quad (1)$$

где ρ_n – плотность пластовой нефти, кг/м³;

ρ_v – плотность пластовой воды, кг/м³;

n – обводненность, %.

Также согласно обводнённости скважины рассчитывается динамическая вязкость флюида, которая необходима для обработки кривой восстановления забойного давления:

$$\mu_{cp} = \frac{\mu_n \cdot (100 - n)}{100} + \frac{\mu_v \cdot n}{100}, \quad (2)$$

где μ_n – вязкость пластовой нефти, Па · с;

μ_v – вязкость пластовой воды, Па · с.

Для перехода к кривой забойного давления – кривой восстановления давления необходимо вычислить значения давления от измеренного уровня в затрубном пространстве:

$$P_{ВДП} = P_{затр} + \rho_{cp} \cdot g \cdot H, \quad (4)$$

где $P_{затр}$ – затрубное давление, Па;

H – уровень жидкости в затрубном пространстве, м.

При проведении расчётов по формуле (4) была получена динамика забойного давления, которая представлена на рисунке 3. Работа добывающей скважины сохраняется вплоть до 12.12.2021, после чего происходит остановка скважины на замер восстановления уровня в затрубном пространстве. Из рисунка 3 видно, что динамика забойного давления напрямую зависит от изменения уровня скважины, поскольку изменение затрубного давления не влияет на расчётную величину.

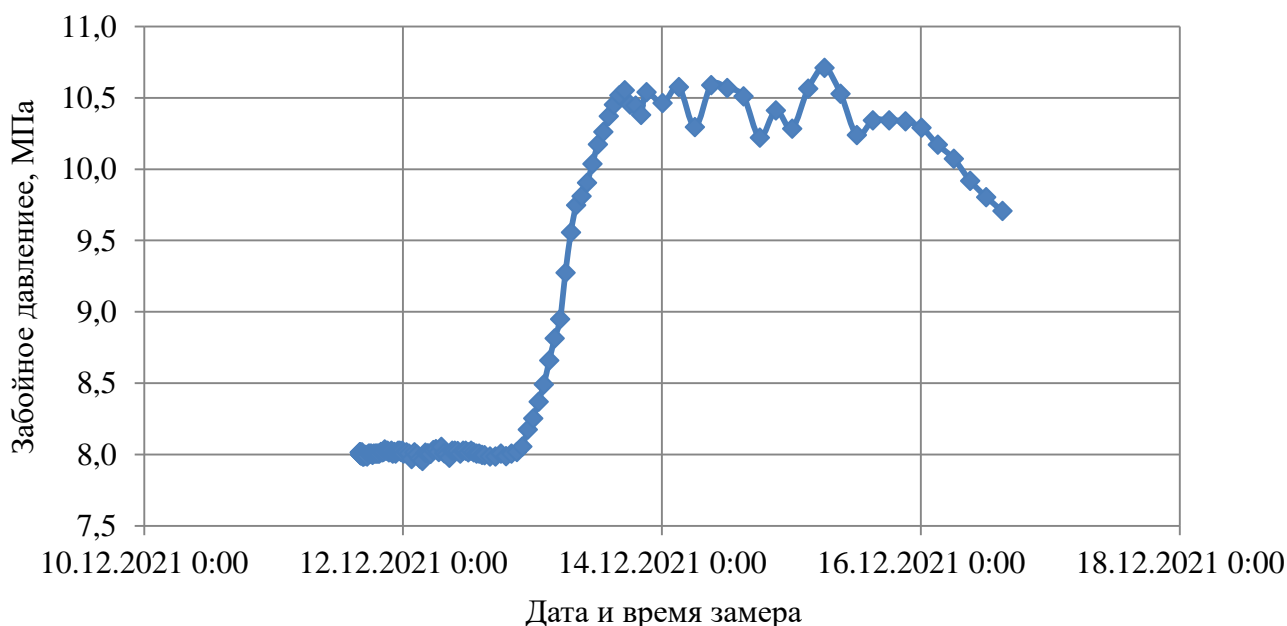


Рисунок 3 – Динамика расчётного забойного давления по уровню в затрубном пространстве

Для проведения обработки кривой восстановления забойного давления вычисляется безразмерный коэффициент, учитывающий упругоёмкость пласта по формуле:

$$f_{упр} = \frac{\beta^*}{m} \cdot 10^6 = \frac{\beta_{ж} \cdot m + \beta_{ск}}{m} \cdot 10^6, \quad (5)$$

где $\beta_{ж}$ – упругоёмкость жидкости, 1/Па;

$\beta_{ск}$ – упругоёмкость скелета горной породы, 1/Па;

m – пористость, доли ед.

Сжимаемость пластовой жидкости можно определить по формуле:

$$\sigma_{ж} = \frac{\sigma_n \cdot (100 - n)}{100} + \frac{\sigma_v \cdot n}{100}, \quad (6)$$

где σ_n – сжимаемость нефти, 1/Па;

σ_b – сжимаемость воды, 1/Па.

Эффективную толщину пласта согласно перфорационным интервалам и искривлению скважины (углу по вертикали) определим по формуле:

$$h_{\text{эф}} = \sum_{i=1}^n (h_{n_i} - h_{b_i}) \cdot \cos \alpha_i, \quad (7)$$

где h_{n_i} , h_{b_i} – нижняя и верхняя отметка по глубине i -ого перфорационного интервала, м;

α_i – угол ствола скважины (отклонение от вертикали).

Объёмный коэффициент жидкости определяется по формуле:

$$b_{\text{ж}} = \frac{b_n \cdot (100 - n)}{100} + \frac{b_b \cdot n}{100}, \quad (8)$$

где b_n , b_b – объёмный коэффициент нефти и воды, доли ед.

Далее происходит обработка КВД с помощью программного комплекса Карра Saphir. На рисунке 4 представлены окна из программного комплекса Карра Saphir с вводом исходных данных для обработки кривой забойного давления. Для улучшения подбора фильтрационной модели и теоретической кривой давления увеличивается время работы скважины примерно на 2-3 месяца до начала исследования. Данная процедура чаще всего используется при не восстановленных кривых давления до пластового давления, что можно предположить в данном случае при исследовании скважины, поскольку время остановки скважины равно 90 ч. Из-за невозможности проведения длительных исследований скважин существует вероятность получения некорректных фильтрационных параметров пласта.

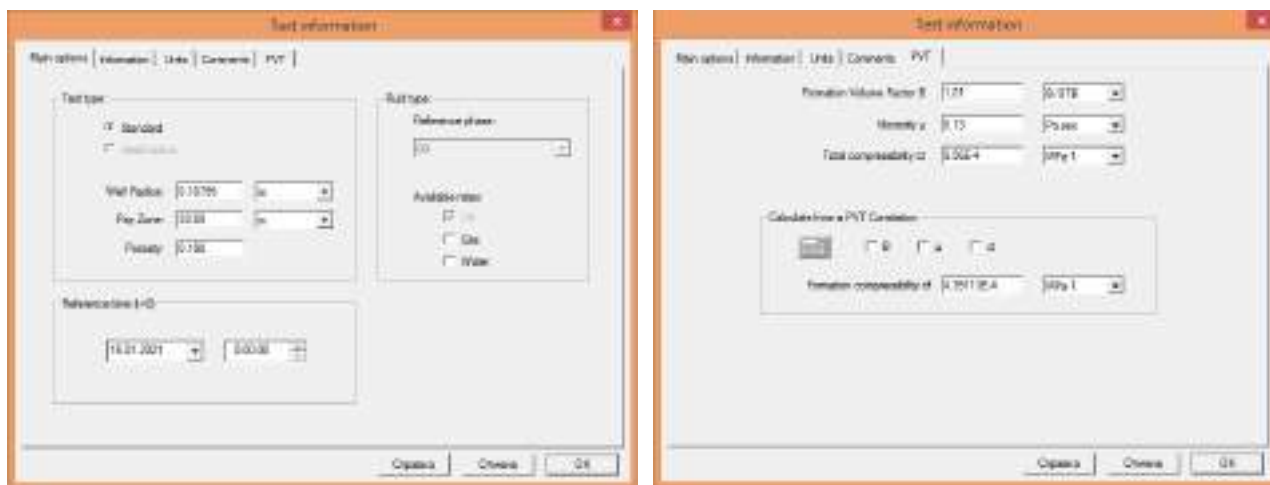


Рисунок 4 – Ввод исходных данных, настройка времени начальной точки отсчёта, выбор модели и свойств пластового флюида в программе Карра Saphir

После ввода исходных данных, необходимых для подбора теоретической кривой давления, происходит загрузка вычисленной КВД по уровню от устья и точек по дебиту скважины (работа и остановка скважины на КВУ).

По фактическому забойному давлению строится билогарифмический (диагностический) график. Диагностический график является характерным методом анализа поведения кривых давления и оценки фильтрационных параметров удалённой зоны пласта. Согласно подобранной модели строится теоретическая кривая давления, которая при проведении ряда итерационных расчетов в программе приближается к фактическим данным давления скважины.

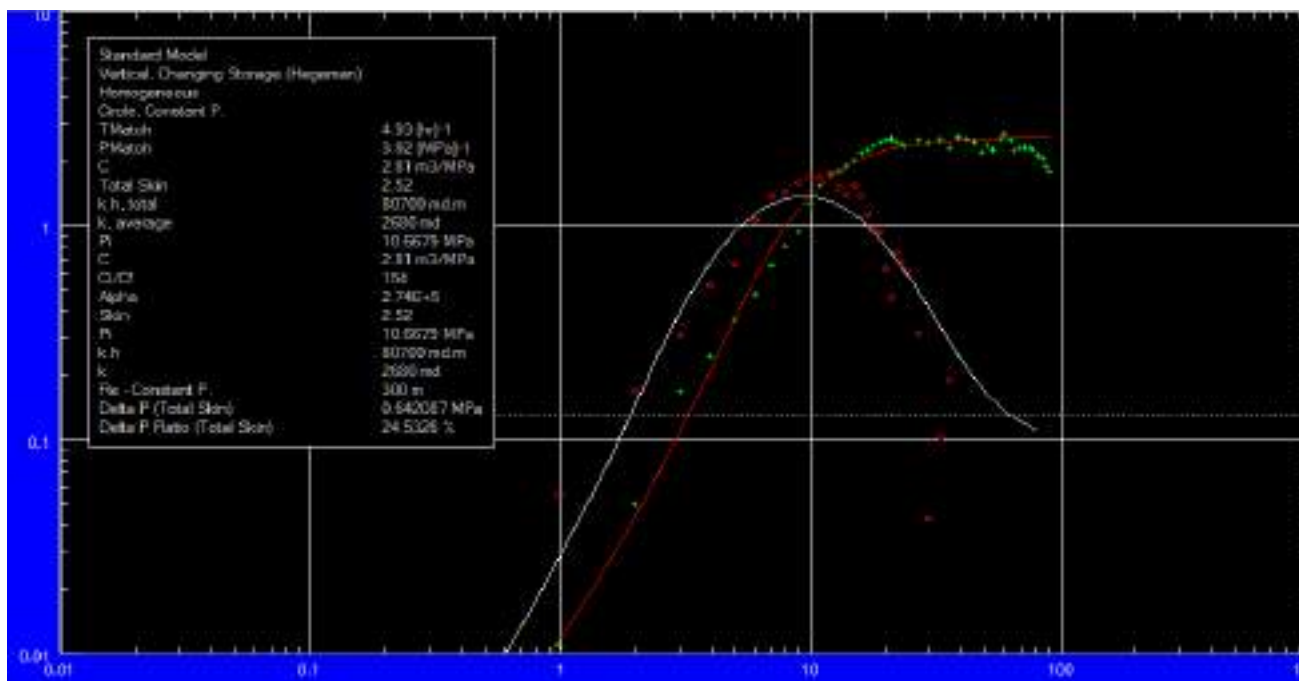


Рисунок 5 – Билогарифмический график с характерными параметрами выбранной модели

Для подбора теоретической кривой давления выберем модель вертикальной скважины однородного пласта, поскольку она считается базовой моделью при подборе теоретической кривой восстановления давления. В качестве модели ствола скважины выбрана модель Хегемана с постоянной границей пласта около 300 м, что чаще всего используется в качестве радиуса контура питания пласта в расчёте дебита скважины. После выбора модели для построения теоретической кривой происходит так называемая адаптация модели (итерационный расчёт программы). Результатом адаптации является теоретические кривые на билогарифмическом графике (рисунок 5).

Хотелось бы отметить, что имеет место быть и не однозначные результаты исследований методом КВУ. Так, например, на рисунке 6 представлена динамика расчётного забойного давления, полученные в результате проведения скважины исследования в 2017 г. Из рисунка 6 видно, что происходит падение забойного давления после достижения некоего верхнего значения давления. Более того, динамика затрубного давления также имеет тенденцию к снижению. Резкий рост забойного давления, по всей видимости, связан с остановкой работы скважины и отсутствием фильтрации жидкости в призабойной зоне, поэтому уровень жидкости начал постепенно повышаться. При этом плавное снижение давления можно объяснить с постепенным насыщением жидкости газом из пласта за счёт наличия фильтрационных каналов высокой проводимости. Данную динамику давления обрабатывать как кривую восстановления давления проблематично, поскольку каждое последующее измеренное давление ниже предыдущего, поэтому в качестве оценочного метода фильтрационных параметров используется формула Дюпюи по определённому конечному забойному давлению.

Методика обработки данной КВД может состоять в следующем. Производится оценка гидропроводности пласта по формуле:

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{K \cdot b_{cp} \cdot \ln\left(\frac{R_k}{r_c}\right)}{2 \cdot \pi}, \quad (9)$$

где K – коэффициент продуктивности скважины, $m^3/(\text{сут} \cdot \text{МПа})$.

Далее определяется коэффициент подвижности жидкости при принятой для расчётов эффективной толщины пласта и проницаемость:

$$k_{\text{под}} = \frac{kh}{\mu} / h_{\text{эф}}; k = k_{\text{под}} \cdot \mu_{\text{ср}}. \quad (10)$$

Полученные фильтрационные параметры по результатам данного исследования характерны параметрам трещино-поровым коллекторам, и из-за небольшой обводнённости продукции скважины и газосодержания нефти была получена кривая забойного давления с не характерной динамикой восстановления. В результате хотелось бы отметить, что расчётная методика оценки фильтрационных параметров по формуле Дюпюи имеет ряд допущений, что не позволяет получать достоверную информацию по фильтрационным параметрам пласта, но при этом даёт грубую оценку фильтрационных свойств.

Исследование ГДИС особо важно для разработки участков месторождения, поскольку определение причин поведения забойного давления скважин позволяют предотвратить снижение текущего пластового давления путем оптимизации системы ППД.

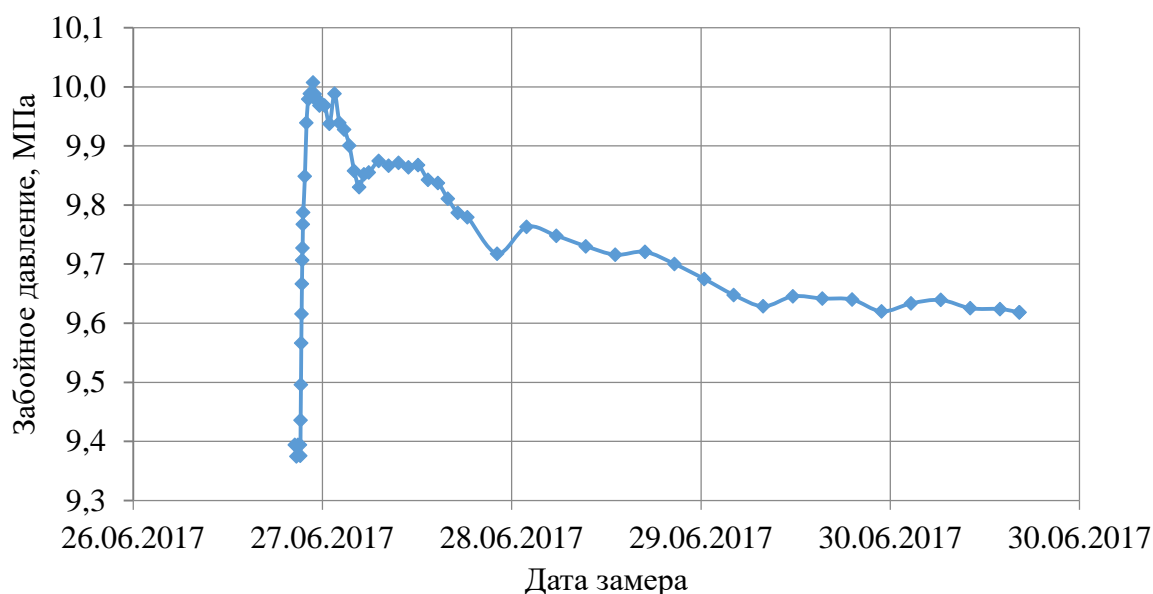


Рисунок 8 – Вычисленное забойное давление

Библиографический список:

1. Разработка залежей высоковязких нефтей и битумов с применением тепловых методов / Л. М. Рузин, О. А. Морозюк // Изд-во УГТУ. – 2015. – 166 с. Текст: непосредственный.
2. Cobanoglu, M. Challenges of Pressure Transient Analysis PTA: Uncertainty Assessment and Pitfalls in Well Test Analysis-How Much Confidence Does a PTA Interpretation Has? / M. Cobanoglu, I. Shukri // International Petroleum Technology Conference : materials of the international conference (January 13-15, 2020). – Dhahran, 2020. – p. 19.

УДК 622.32

Применение закрытой системы нефтесбора для снижения температуры в горной выработке уклонного блока 4Т-4

Махмудов А.Э., Михеев С.С.

ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», НШПП «Яреганефть», пгт. Ярега, Россия

В настоящее время на Ярегском нефтетитановом месторождении реализуется добыча высоковязкой нефти при помощи термошахтной разработки (подземно-поверхностной и одногоризонтной системы разработки). В основе механизма нефтеизвлечения при термошахтной разработке Ярегского месторождения лежит термогравитационное дренирование

пласта, которое подразумевает собой закачку теплоносителя (пара) в пласт через систему кустовых паронагнетательных скважин, расположенных на поверхности. Повышение температуры в пласте снижает вязкость нефти делая ее текучей. Через систему подземных скважин разогретая НСЖ дренируется через нефтесборные канавки в зумпфовые емкости, расположенные в уклонных блоках нефтешахты.

Эксплуатация подземных скважин (продувка) осуществляется путем открытия оператором запорно-регулирующей арматуры на устье подземных скважин до полного истечения нефтесодержащей жидкости и перехода на пар. Пар в скважинах находится под давлением (до 2 атм.), поэтому оставить скважины на постоянном истечении не представляется возможным, т.к. прорывы пара повлекут за собой следующие негативные факторы:

- повышение температуры рабочей среды оператора, образование неблагоприятного общего микроклимата в шахте и как следствие, ухудшение условий труда подземных рабочих;
- снижение времени нахождения оператора в галерее влечет уменьшение добычи нефти за счет простоев наполненных скважин.

С целью решения вышеописанных негативных факторов и улучшения условий труда подземных рабочих, предлагается рассмотреть проект закрытой системы нефтесбора (далее ЗСН).

Первичная транспортировка нефтесодержащей жидкости от добычных скважин до зумпфа уклонного блока производится открытым способом по канавке, а иногда и по всей подошве эксплуатационной галереи или выработок ходка и уклона. Перемещение нефтесодержащей жидкости происходит самотеком за счет проектного уклона выработок эксплуатационной галереи. В процессе течения нефтесодержащей жидкости по эксплуатационной галерее наблюдается, нагрев воздуха посредством вынужденной конвекции и испарения водяного пара, содержащегося в добываемой нефти.

Согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», в горных выработках, в которых проводятся закачка теплоносителя в пласт, отбор продукции добывающих скважин, проложены трубопроводы с температурой наружной поверхности 40 °С и выше, а также в емкостях нефтеловушек допускается температура рудничной атмосферы до 36 °С включительно при условии, что в этих горных выработках люди не находятся постоянно в течение рабочей смены.

Рассмотрен температурный режим в горной выработке на примере уклонного блока 4Т-4 нефтешахты №1 (рисунок 1). На рисунке 1 видно, что в среднем по уклонному блоку температура рудничной атмосферы составляет 45 °С. Для снижения температуры рудничной атмосферы в уклонном блоке установлены винтовые водоразбрызгиватели (ВВР), при работе винтовых водоразбрызгивателей на максимальном режиме температура в горной выработке снижается до 38 градусов, что увеличивает расход озерной воды.

Также негативным последствием увеличения температуры рудничной атмосферы в УБ является наложение проверяющими органами (Ростехнадзор, ВГСО) штрафов, и приостановку на осуществления эксплуатации уклонного блока, что в свою очередь ведет к потерям нефти.

Чтобы избежать потерь нефти, улучшить условия труда подземных рабочих и снизить потребление озерной воды предлагается рассмотреть проект закрытой системы нефтесбора.

Закрытая система нефтесбора (ЗСН) подземных скважин подразумевает обвязку в общий коллектор всех подземных добывающих скважин в уклонном блоке нефтешахты.

Основная цель ЗСН, состоит в повышении уровня добычи нефти за счёт увеличения количества «продувок» подземных скважин вследствие минимизации передачи тепла в рудничную атмосферу при устойчивом отборе жидкости из скважин и транспорте последней до зумпфовой емкости.

Основными критериями эффективности ЗСН является:

- 1) Отсутствие осложнений при монтаже и эксплуатации ЗСН;
- 2) Отсутствие осложнений при монтаже и эксплуатации линии промывки;
- 3) Снижение общей температуры рудничной атмосферы в зоне установки и по панели;
- 4) Эффективность системы промывки ЗСН препятствующая отложению мех примесей;

5) Отсутствие снижения объемов откачки жидкости со скважин. И роста давления в процессе эксплуатации системы.

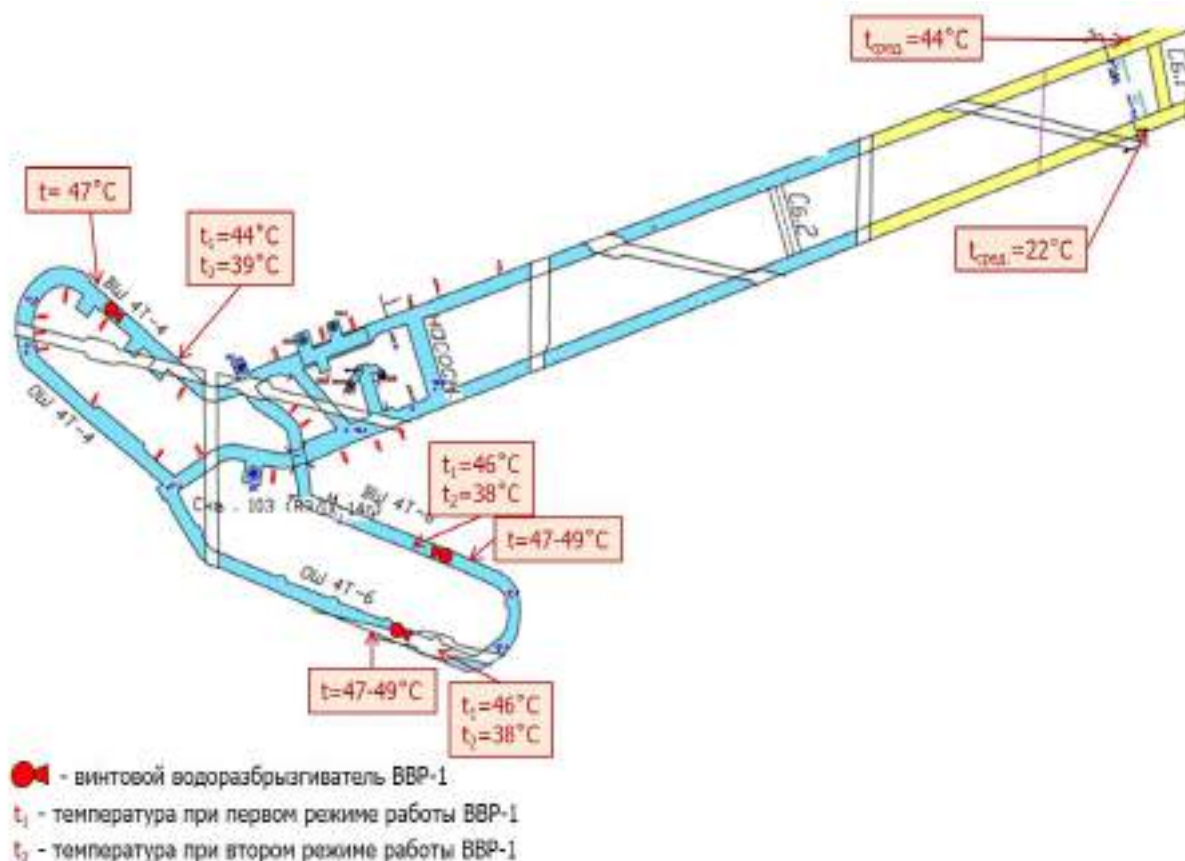


Рисунок 1 – Температурный режим в УБ 4Т-4 НШ-1

Продувка скважин в закрытую систему нефтесбора заключается в постепенном открытии устьевой арматуры скважин, контроле за изливом НСЖ в закрытую систему нефтесбора, закрытии устьевой арматуры при переходе продукции скважин на пар или окончании излива. Принципиальная схема обвязки подземных скважин в закрытую систему нефтесбора представлена на рисунках №2,3.

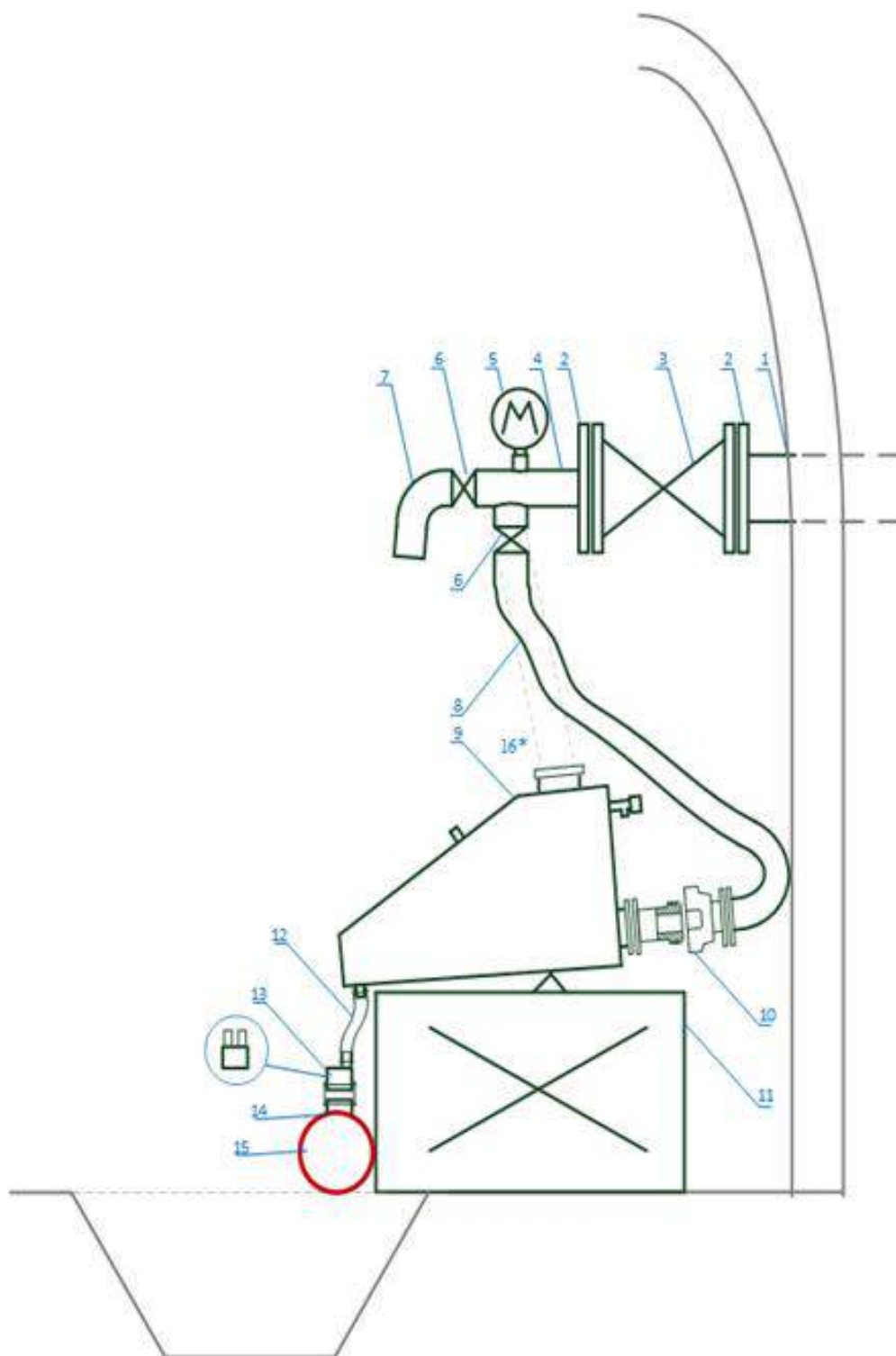
Промывка нефтесборного коллектора предполагает искусственное создание постоянного турбулентного потока жидкости с ЦВО (через трубопровод МСРТ).

Промывку нефтесборного коллектора осуществляется персоналом из трех человек расположенных на всем протяжении работ в 3-х контрольных точках системы:

- «Р₁» участок расположения манометра №1 и секущей задвижки технологического трубопровода МСРТ-100. Персонал закрепленный на участке «Р₁» несет ответственность за открытие и закрытие секущей задвижки и фиксирование изменения давления системы в точке Р₁ каждые 5 минут с момента открытия секущей задвижки;

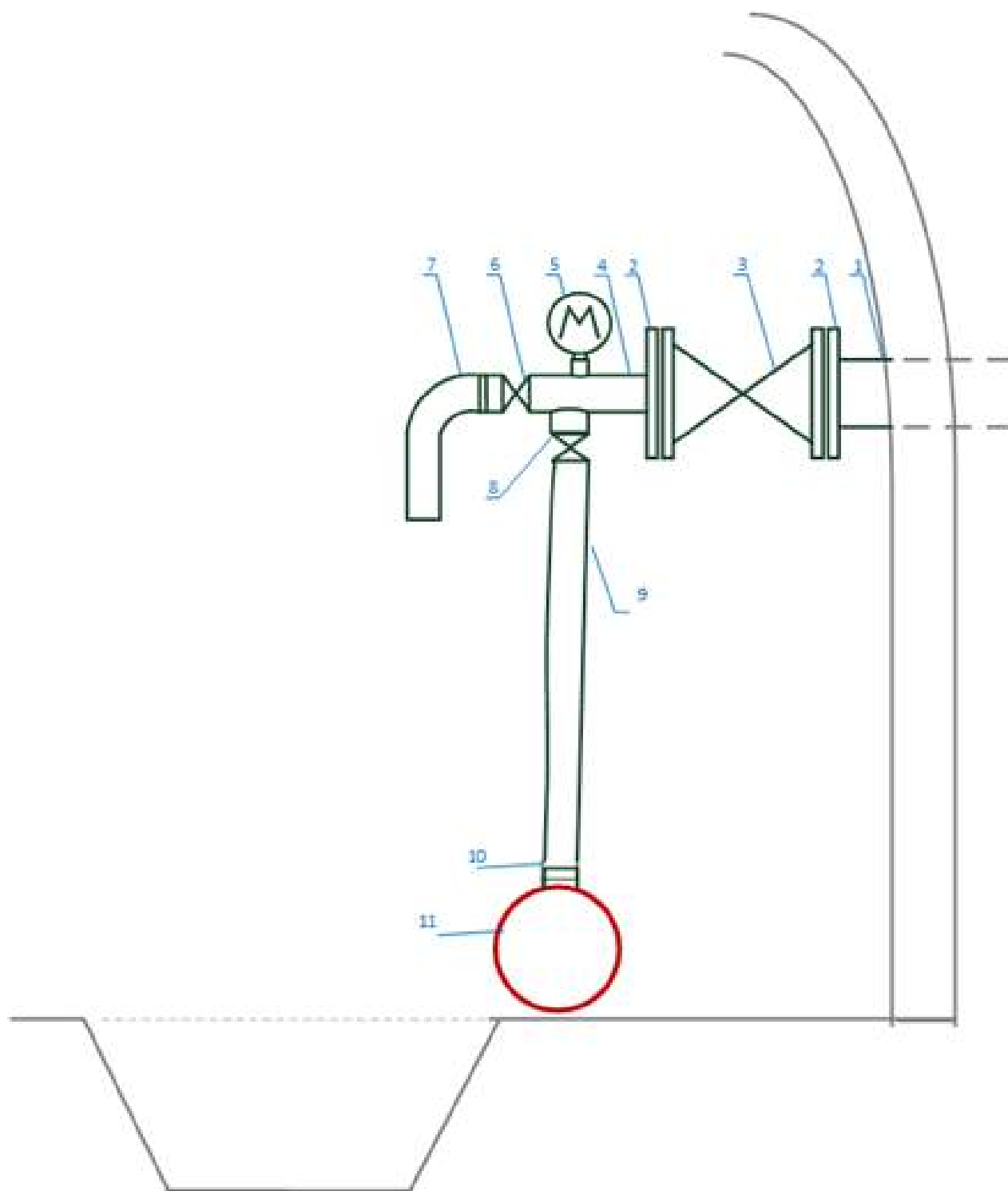
- «Р₂» участок манометра №2 расположенного в середине системы «скважина – зумпфовая емкость». Персонал закрепленный на участке «Р₂» несет ответственность за фиксирование изменения давления системы в точке Р₂ каждые 5 минут с момента открытия секущей задвижки;

- «Р₃» участок расположения манометра №3 в конце системы «коллектор – зумпфовая емкость». Персонал закрепленный на участке «Р₃» несет ответственность за фиксирование изменения давления системы в точке Р₁ и контроль содержания мех. примесей в потоке НСЖ каждые 10 минут с момента открытия секущей задвижки, путем отбора пробы в прозрачную емкость и визуальную фиксацию результата, после кратковременного отстоя в 10 минут.



1 – обсадная колонна 114х6; 2 – фланец задвижки/тройника, Ду 100мм; 3 – задвижка; 4 – тройник Ду 60мм; 5 – манометр; 6 – шаровый кран Ду 60мм; 7 – отвод из НКТ 60мм. С фланцем Ду 60мм; 8 – рукав напорный с текстильным каркасом Пар2; 9 – клапан отсекатель устьевой (КОУ); 10 – быстро-разъемное соединение; 11 – подставка под КОУ; 12 – два гибких шланга Ду 20мм соединенных хомутами; 13 – переводник Ду 60мм, с 2-мя отводами Ду 15мм соединенный с коллектором хомутами на гибком шланге; 14 – отвод Ду 60мм; 15 – нефтесборный коллектор Ду 219мм. 16* - в зависимости от комплектации, крепление может быть на верхний фланец (жесткое крепление) Ду 25 мм.

Рисунок 2 - Схема обвязки подземной, добывающей скважины (КОУ) с закрытой системой нефтесбора



1 – обсадная колонна 114х6; 2 – фланец задвижки/тройника, Ду 100мм; 3 – задвижка;
 4 – тройник Ду 60мм; 5 – манометр; 6 – шаровый кран Ду 60мм; 7 – отвод из НКТ 60мм с
 резьбовым соединением 8 – шаровый кран Ду 60мм; 9 – рукав напорный с текстильным
 каркасом Пар2; 10 – отвод Ду 60мм с фланцевым соединением;
 11 – нефтесборный коллектор (ЗСН).

Рисунок 3 - Схема обвязки подземной, добывающей скважины с закрытой системой нефтесбора

При фиксировании персоналом УТриДН НШ-1 в участке «Р3» визуально чистого потока промывочной жидкости без содержания мех. примесей более 10-ти минут, ответственный оператор с участка «Р3» направляется в участок «Р1» для завершения работ и закрытия текущей задвижки технологического трубопровода МСРТ-100.

Объем промывочной жидкости, которой необходимо для промывки коллектора, принимается в 3-х кратном объеме заполнения внутреннего пространства трубопровода Ø219х9мм длиной 120м ($3 \times 3,88\text{м}^3 = 12 \text{ м}^3$). Время, затрачиваемое на процесс промывки необходимо установить опытным путем исходя из пробной промывки по вышесказанной методике.

Перед проведением промывки коллектора персоналом УТриДН НШ-1 закрываются все ЗРА подземных скважин, с целью предотвращения перетока промывочной жидкости с песком в ствол подземной скважины, по окончании промывки персонал УТриДН НШ-1 открывает все ЗРА подземных скважин и продувает их.

В целях увеличения эффективности ЗСН в части снижения температуры рудничной атмосферы, нефтесборный коллектор и устье обвязанных скважин, необходимо покрывать термоизоляционными материалами (URSA, укрывной материал, термоизоляционная краска). По результатам опытно-промышленных испытаний теплоизоляции ЗСН в УБ 4Т-4 нефтешахты № 1, температура поверхности нефтесборного коллектора снизилась в среднем на 35 °С. На рисунках № 4,5 представлены результаты тепловизионной съемки ЗСН до и после теплоизоляции.



Рисунок 4 – Тепловизионная съемка ЗСН в УБ 4Т-4 до теплоизоляции

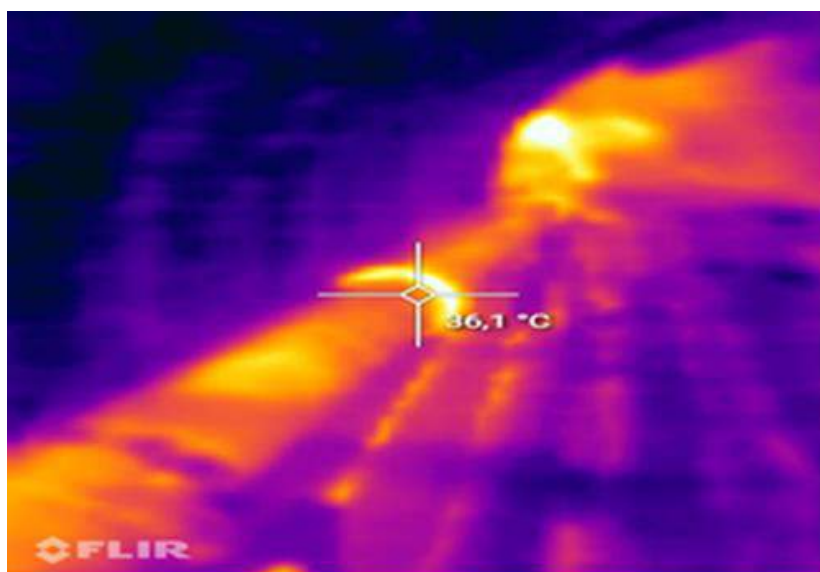


Рисунок 5 – Тепловизионная съемка ЗСН в УБ 4Т-4 после теплоизоляции

Отказ от затрат на чистку водоотливных канавок обусловлен, тем что движение жидкости происходит по закрытой системе нефтесбора. Снижение затрат на озерную воду, обусловлено уменьшением потребления озерной воды, в связи с отказом от ВВР после внедрения ЗСН.

По результатам выполненной работы необходимо сделать следующие выводы:

1. Монтаж закрытой системы нефтесбора приведет температуру рудничной атмосферы в соответствие с ФНИП;
2. По УБ 4Т-6, 3Т-4 позволит увеличить количество продувок, что в свою очередь повысит уровень добычи нефти;
3. Уменьшатся расходы на озерную воду;
4. Снижается риск ущерба подземных работников;
5. ОНР НШПП «Яреганефть»;
6. Нет необходимости чистки водоотливных канавок

Рекомендуется рассмотреть применение закрытой системы нефтесбора в УБ нефтешахт для безопасной добычи нефти.

Библиографический список:

1. Основы горного дела / Егоров П.В., Бобер Е.А., Кузнецов Ю.Н., Косьминов Е.А., Решетов С.Е., Красюк Н.Н. // Издательство МГУ. – 2006. – с.391-394.
2. Подсчет запасов нефти на шахтном поле 2 по состоянию на 01.01.1983 г., Отчет ПечорНИПИнефть. Этап 2. Тема 20/81/ Левин Г.П.. // г. Ухта. – 1983.

УДК 622.234.573

Опыт применения многостадийного гидроразрыва пласта на Самотлорском месторождении

Савельев Я.В.

*Филиал Тюменского индустриального университета в г. Нижневартовске,
г. Нижневартовск, Россия*

Для улучшения фильтрационных характеристик на Самотлорском месторождении наиболее эффективным методом для трудноизвлекаемых запасов является гидроразрыв пласта. Если сравнивать эффективность одностадийного гидроразрыва пласта и многостадийного ГРП с точки зрения средних приростов по дебиту сырой нефти, то после многостадийный гидроразрыв пласта эффективнее практически в два раза. Поэтому в последние годы основным видом геолого-технических мероприятий на Самотлорском месторождении для повышения нефтеотдачи пластов является МГРП.

В настоящее время Самотлорское месторождение находится на заключительной стадии разработки, при которой основные запасы углеводородов отобраны. Сейчас на Самотлорском месторождении находится отобрано более 2 млрд. тонн нефти или 67% начальных извлекаемых запасов. Объем оставшихся запасов - 1,1 млрд. тонн. Причем при использовании настоящих технологий добычи нефти возможно извлечение лишь 451 млн. тонн нефти. Оставшиеся же 623 млн. тонн нефти возможно только при использовании новейших методов увеличения нефтеотдачи.

Для улучшения фильтрационных характеристик на Самотлорском месторождении применяют тысячи геолого-технических мероприятий, но наиболее эффективным методом для трудноизвлекаемых запасов является многостадийный гидроразрыв пласта.

Многостадийный разрыв пласта хорошо зарекомендовал себя на Самотлорском месторождении при разработке низкопроницаемых коллекторов. В результате проведения МГРП повышается количество трещин, увеличивается зона дренирования и сохраняется этот эффект долгое время, что обеспечивает высокие дебеты по сравнению с другими методами ГТМ. (Рисунок 1).

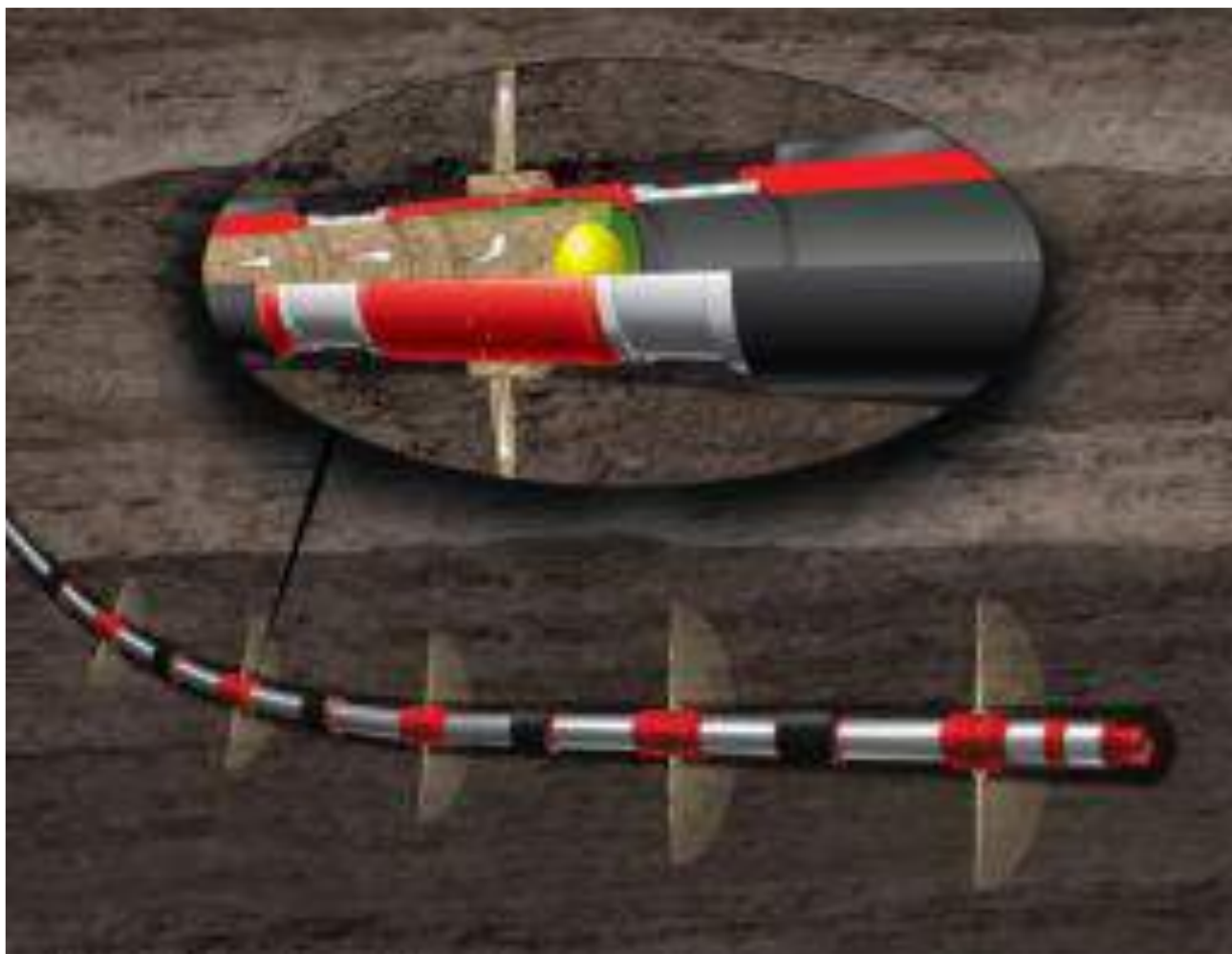


Рисунок 1 - МГРП

Многостадийный гидроразрыв пласта проводится по порядку каждый гидроразрыв, что по отдельности можно считать одиночным гидроразрывом. Такая система идеально подходит для горизонтальных скважин, которые пробурены в разных пластах, где появляется возможность проводить МГРП не прерывая процесс отдельно в каждом стимулируемом интервале с помощью системы затрубного пакера для не обсаженных стволов. Технологический процесс многостадийного гидроразрыва пласта предполагает применение специального хвостовика, который после спуска располагает раздвижные муфты напротив каждого из интервалов, изолированных затрубными пакерами. Гидроразрыв в этих интервалах производится поочередно, начиная от забоя скважины. По завершении каждой стадии ГРП, в скважину сбрасывается шар, который изолирует предыдущий интервал и открывает отверстие хвостовика напротив следующего интервала обработки (Рисунок 2). После выполнения всех стадии гидроразрыва пласта шары разбуриваются фрезом, скважина подвергается промывке и освоению.

На данный момент технологии многостадийного ГРП активно используются в ПАО НК «Роснефть», где в первом квартале 2018 года количество новых введенных горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта выросло более чем на 65 % по сравнению с первым кварталом 2017 г. На Самотлорском месторождении в 2015 году рассматривалась технология проведения после бурения МГРП (Рисунок 3), а также предложена технология разрывных-портов, которые устанавливаются в муфтах колонны или хвостовика при спуске в скважину, порты при ГРП открываются с использованием специального селективного пакера давлением, после открытия каждого порта осуществляется закачка, далее переход на следующий интервал.

Новая технология проведения многостадийного ГРП

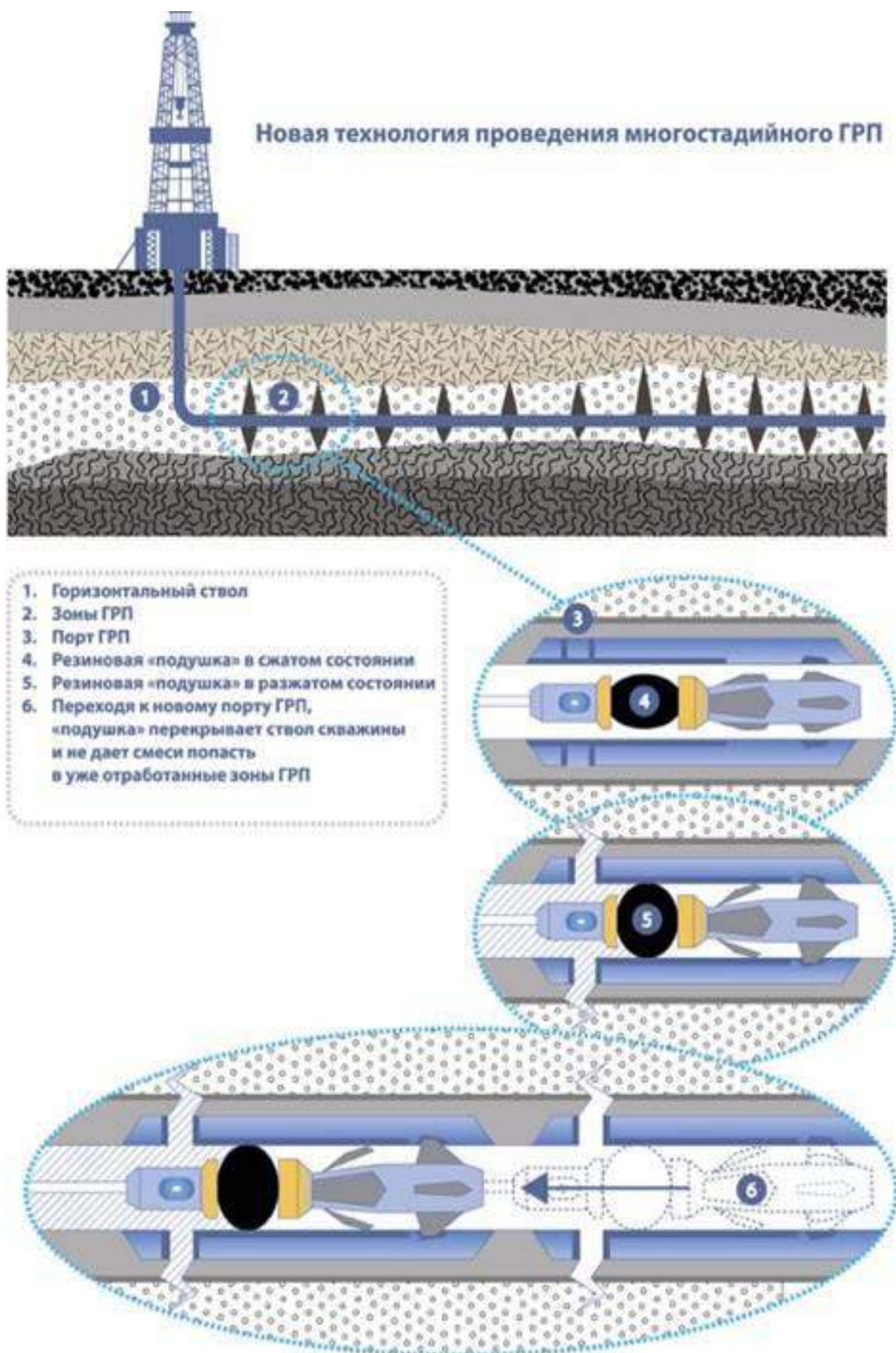


Рисунок 2 - Пример оборудования для МГРП

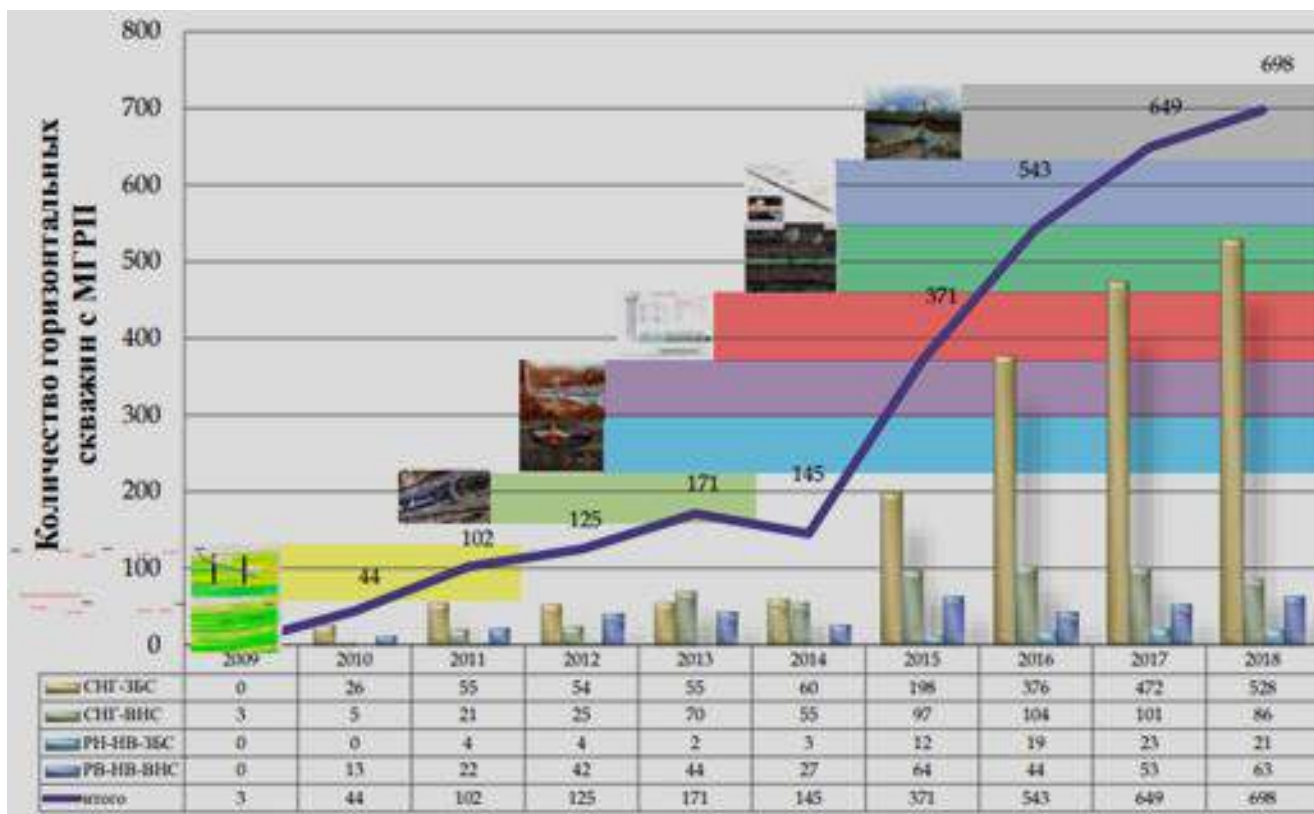


Рисунок 3 - Количество горизонтальных скважин с МГРП на Самотлорском месторождении

Если рассматривать операции многостадийного ГРП на базовом фонде (на уже существующих добывающих скважинах), то здесь мы не увидим большого количества операций, так как основной объем МГРП производится на вновь вводимых скважинах (ВНС) и большого бурения, и на зарезках боковых стволах (ЗБС). И в таком случае МГРП является методом освоения скважин из бурения (большого или ЗБС). Практически на 90 % всех горизонтальных скважин и ЗБС, которые бурятся в настоящее время на Самотлорском месторождении сразу производится МГРП с целью интенсификации притока жидкости на вновь вводимых скважинах. Данный способ освоения скважин после бурения зарекомендовал как эффективный. Но возникает вопрос оценки эффективности самой операции МГРП. Ведь не представляется возможным оценить, как работала бы скважина, с какими дебитами по нефти и жидкости без МГРП.

За 2018 год на Самотлорском месторождении на действующих скважинах базового фонда было проведено всего 8 многостадийных ГРП и уже после высоких показателей эффективности было принято решение руководством АО "Самотлорнефтегаз" о необходимости МГРП на базовом фонде. Так, только за 4 месяца 2019 года (с января по апрель) было проведено уже 13 скважино-операций. Эффективность МГРП на базовом фоне Самотлорского месторождения за 2018 год приведена в таблице 1.

Если сравнивать эффективность одностадийного ГРП и многостадийного ГРП за 2018 году с точки зрения средних приростов по дебиту нефти, то у после МГРП эффективность выше практически в 2 раза.

В последние годы основная тенденция развития такого вида геолого-технических мероприятий как ГРП связана с проведением многостадийного ГРП (МГРП). Данная тенденция позволит повысить эффективность операций МГРП в сравнении с одностадийными ГРП.

Но технологические и соответственно экономические затраты МГРП несравнимо выше одностадийных. Поэтому существует потребность постоянного поиска новых технологий с целью повышения технологической, экономической и геологической эффективностей проведения МГРП.

Таблица 1 - Эффективность МГРП на базовом фонде Самотлорского месторождения в 2018 году

Скв.	Режим остановочный			Запускные параметры при запуске			Прирост запускной		Параметры на дату			Прирост на дату	
	Q _н т/сут	Q _ж м ³ /сут	%	Q _н т/су т	Q _ж м ³ /су т	%	Q _н т/су т	Q _ж м ³ /сут	Q _н т/сут	Q _ж м ³ /су т	%	Q _н т/сут	Q _ж м ³ /сут
1685 3	3,9	8	42	20,1	26	9	16,2	18	17,2	12	42	13,3	4
1152 3	4,1	24	80	28,6	77	56	24,5	53	19,3	57	60	15,2	33
1161 2	2,0	6	60	4,6	42	87	2,6	36	7,1	22	62	5,1	16
1180 6	4,2	496	99	12,7	189	92	8,5	-30	11,2	80	91	7,0	-41
1152 7	10,1	15	20	13,2	24	35	3,1	9	13,2	23	25	3,1	8
1984 5	8,7	21	51	12,8	72	79	4,1	51	17,8	57	63	9,1	36
1715 7	13,2	19	18	36,1	47	9	22,9	28	29,7	39	10	16,5	20
1919 1	10,9	30	57	19,5	68	66	8,6	38	18,9	66	66	8,0	36
Среднее:				18,5			11,3		16,8			9,7	
Всего:				148			91		134			77	

Библиографический список:

1. Отчёт АО "Самотлорнефтегаз" "Режимы работы фонда скважин Самотлорского месторождения", Нижневартовск, 2017 г. - 68 с.
2. Савельева Н.Н. Савельев Я.В. Анализ эффективности работ по гидроразрыву пласта на Самотлорском месторождении / Н. Н. Савельева, Я. В. Савельев // Нефть и газ: технологии и инновации. материалы Национальной научно-практической конференции. В 2 томах. - Тюмень, 2021. С. 159-163.

УДК 622.276

Оптимизация добычи на Морском месторождении нефти (шельф Вьетнама)

Шарыпов В.В.

Научный руководитель - Дуркин В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Для выполнения работы по оптимизации выбраны данные о Морском месторождении нефти в шельфовой зоне Вьетнама. Рассматриваемое месторождение расположено в 200 км от Хошимина и в 120 км к юго-востоку от города-порта Вунгтау на шельфе Южно-Китайского моря.

Геологический разрез в пределах месторождения Белый Тигр, состоит преимущественно из терригенных пород осадочного чехла и докайнозойских кристаллических пород фундамента. Суммарная толщина вскрытых образований фундамента по вертикали достигает 1990 м, а толщина осадочного чехла – 4385 м.

Нефти, добываемые на этом месторождении высокопарафинисты и низкосернисты. Содержание парафинов составляет 18-25,3 %. Содержание асфальтенов и смол, а также вязкость и плотность нефти с ростом глубины уменьшаются. [3]

В таблице 1 представлена геолого-промысловая характеристика Морского месторождения.

Таблица 1 – Геолого-промысловая характеристика Морского месторождения

Показатель	Основные объекты эксплуатации			
	Нижний миоцен	Верхний олигоцен	Нижний олигоцен	Фундамент
Пористость, %	19,5	15,0	14,7	1,13-4,57
Проницаемость, Д	0,363	0,768	0,569	1,225
Тип коллектора	Поровый	Поровый	Поровый	Трещиноватый
Плотность нефти при н.у., кг/м ³	865-880	860	840-850	830
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа*с	1,074-1,690	2,125	0,452	0,453
Температура залежи, °С	113,0	131,0	138,0	142,0
Начальное пластовое давление, МПа	30,1	34,5	36,3	41,7
Давление насыщения, МПа	10,42	15,63	20,76	19,69

Данное месторождение находится на 3 стадии разработки, характеризующейся падающими отборами нефти и ростом обводнённости (рисунок 1).

Текущие показатели разработки Морского месторождения:

- Обводнённость – 70,9%;
- Коэффициент извлечения нефти – 0,288;
- Действующий фонд добывающих скважин – 219. [4]

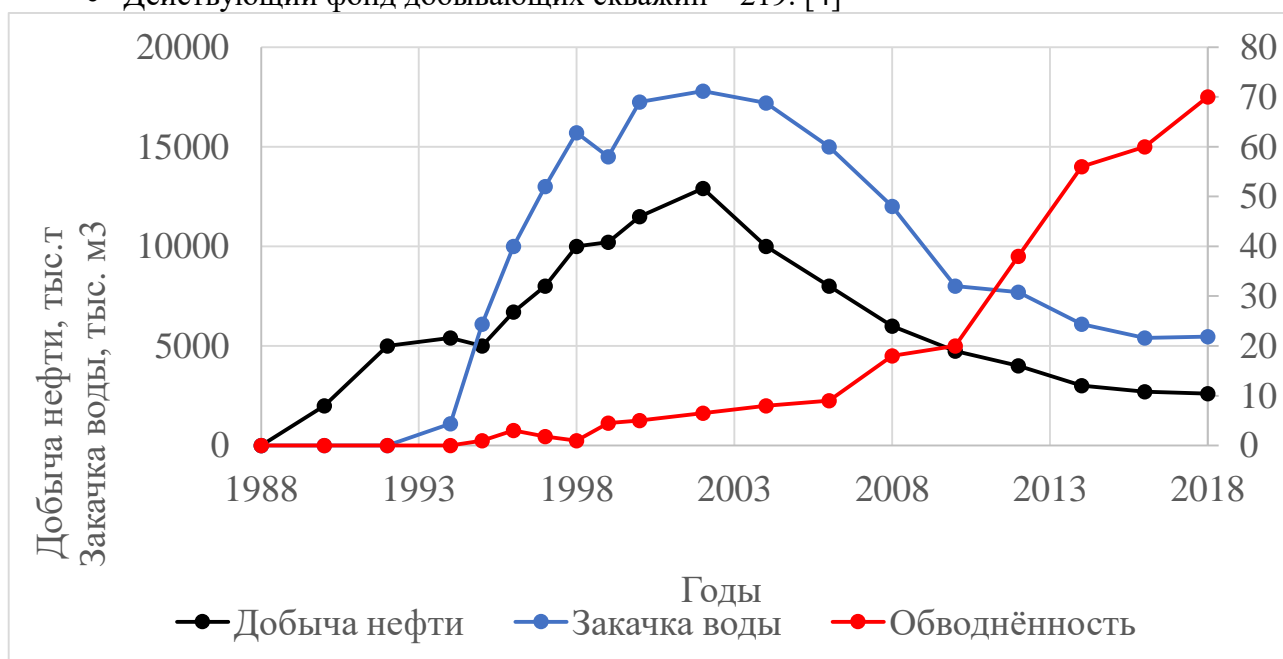


Рисунок 1 – График разработки Морского месторождения

Суть работы заключается в оптимизации процесса добычи на Морском месторождении путём замены электроцентробежных насосов в скважинах Морского месторождения переведённых на механизированный способ добычи.

В связи с ростом обводнённости высокодебитных скважин Морского месторождения и падением добычи нефти в целом, начались испытания по переходу скважин с газлифтного способа добычи нефти на механизированный способ с помощью УЭЦН. При оснащении УЭЦН

в скважине создается большая депрессия, чем при газлифтном способе, соответственно увеличение градиента давления на добываемые флюиды пласта позволит снизить замещение нефти водой и повысить добычу нефти.

На механизированный способ добычи УЭЦН были переведены 5 скважин нижнего миоцена Морского месторождения.

Анализ работы скважин, эксплуатирующихся с ЭЦН, показал, что из пяти спущенных в скважины установок (DN-1300(3 шт.), DN-1750, DN-1000) через месяц в эксплуатации находилось лишь два насоса. Гарантийный срок выдержали ЭЦН, спущенные в скважины 806 и 861, эксплуатирующиеся с заниженными технологическими параметрами не соответствующими паспортным характеристикам насосов.

Для установления причин выхода из строя из скважин 871, 905 и 807 были извлечены насосные установки и проведён анализ.

После извлечения УЭЦН из скважин и визуального осмотра установок внешних повреждений выявлено не было; валы электродвигателя, протектора и газосепаратора свободно вращаются от руки; валы насосных секций заклинены и вручную не вращаются. Исходя из этого, был сделан вывод о том, что причиной выхода из строя ЭЦН на Морском месторождении является отложение солей на рабочих органах насоса, что снижает производительность установки и растёт уровень жидкости над приёмом насоса, снижается охлаждение насоса, увеличивается температура на приёме насоса. [1]

Выпадение солей на рабочих органах оборудования обусловлено хлор-кальциевым составом высокоминерализованной пластовой воды фундамента (16-22 г/л) и закачкой океанической воды в систему поддержания пластового давления. [2]

В таблице 2 приведены характеристики работы скважин Морского месторождения.

Таблица 2 – Характеристики работы скважин Морского месторождения

Номера скважин	Давление на приеме насоса, атм	Температура на приеме насоса, °С	Дебит жидкости, м ³ /сут	Обводненность, %	Дебит нефти, м ³ /сут	Температура двигателя, °С
905	88	34	130	70	39	129
807	85	43	180	45	99	117
871	77	56	210	61	81,9	109
806	190	56	140	83	23,8	72
861	75	95	200	50	100,0	81

Температура двигателя во время работы по всем скважинам вышедшим из строя находилась в зоне максимального значения рабочей температуры или выше нее (таблица 2). Все двигатели работали в неблагоприятных условиях, которые сильнее всего влияют на состояние электрических частей.

При использовании УЭЦН для эксплуатации скважин нижнего миоцена Морского месторождения температурные условия их работы ухудшались, т.е. в месте установки УЭЦН температуры иногда достигали 135–140 °С, так как средняя пластовая температура фундамента составляла 140–150 °С. Ухудшение температурных условий работы двигателя УЭЦН (при норме 121°С фактическое значение составило 135–140 °С) привели к еще более быстрому выходу из строя электрических частей, т.е. снижению МРП работы скважин и надежности эксплуатации УЭЦН.

Исходя из проанализированных данных, причинами отказов ЭЦН на скважинах 905, 807 и 871 являются:

- Попадание пластовой жидкости в протектор;
- Попадание пластовой жидкости в двигатель;
- Влияние температуры;
- Влияние свойств пластовой жидкости;
- Солеотложения.

Выявленные причины выхода насосных установок из строя раньше гарантийного срока указывают на то, что данное оборудование не пригодно для эксплуатации скважин фундамента Морского месторождения и требуется его замена.

Для подбора и дальнейшей установки выбрано насосное оборудование компании «Новомет», так как обладает следующими характеристиками:

- Износостойкость
- Прочность (применение технологий порошковой металлургии)
- Термоустойчивость
- Коррозионная стойкость (для скважинной продукции с высоким содержанием сероводорода)

• Применение различных дополнительных элементов для предотвращения химических процессов, способствующих выходу из строя (погружные скважинные контейнеры). [1]

Расчёт по подбору ЭЦН был проведён в среде Microsoft Office Excel по методике подбора из ГОСТ Р 56830-2015 «Нефтяная и газовая промышленность. Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие технические требования». [6]

По итогам расчёта были выбраны электроцентробежные насосы и погружные электродвигатели представленные в таблицах 3 и 4.

Для заданных условий скважины были выбраны энергоэффективные ЭЦН нового поколения для подъема пластовой жидкости, которые позволяют снизить себестоимость добытой нефти за счет снижения затрат на электроэнергию на 25-30 % при сохранении конструктивной надежности на уровне серийно поставляемого оборудования, либо превышающем его (таблица 3). Высокий КПД достигается за счет применения вентильного электродвигателя и ступней новой, гидравлически-оптимизированной конструкции, работающих на повышенной частоте вращения (таблица 4).

Таблица 3 – ЭЦН для замены в скважинах

Скважина	Насос	Количество ступеней	Напор	Напор одной ступени	Рабочий диапазон
807	ЭЦН5А-180Э	267	1893	7,1	140-220
905	ВНН5А-125Э	303	1907	6,4	88-175
871	ЭЦН5А-225Э	198	2083	10,5	150-275

Преимуществами энергоэффективных насосов «Новомет» являются:

- Пониженное энергопотребление;
- Сокращение монтажной длины и веса;
- Снижение нагрева перекачиваемой жидкости и вероятности солеотложения.

Преимущества вентильных ПЭД:

- Высокий КПД (до 94 %);
- Пониженное удельное тепловыделение.

Проблему отложения солей возможно решить применением погружных скважинных контейнеров с реагентами(ингибиторами), также выпускаемых компанией «Новомет».

Погружные скважинные контейнеры представляют собой систему перфорированных трубных секций, заполненных ингибитором. Контейнеры монтируются под основанием погружного электродвигателя (ПЭД) или телеметрической системы (ТМС), что позволяет дозировать ингибитор ниже уровня ПЭД, в область, где только начинается процесс солеотложения вследствие нагрева пластовой жидкости.

Для установки на насосное оборудование применим контейнер скважинный универсальный, для того, чтобы можно было использовать любой тип реагента.

Таблица 4 – Энергоэффективные ПЭД

Скважина	ПЭД	КПД	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность на валу, кВт
807	ПВЭДН140-103-3160-3.0	0,923	30,2	3160	140
905	ПВЭДН105-103-2640-3.0	0,921	27,1	2640	105
871	ПВЭДН100П-103-3910-6.0	0.934	34.6	3910	167

К характеристикам контейнеров КСУ следует отнести отсутствие ограничений по типу используемого ингибитора, температуре и обводнённости пластовой жидкости эксплуатируемых скважин. Контейнеры КСУ обеспечивают высокую точность дозирования ингибитора и эффективную защиту узлов УЭЦН в осложнённых условиях эксплуатации.

Для замены в скважинах 807, 871 и 905 рекомендовано подобранное энергоэффективное насосное оборудование с установкой универсального скважинного контейнера компании «Новомет». [5]

Библиографический список:

1. Кудин Е.В. Становление и развитие добычи нефти на месторождении СП «Вьетсовпетро» насосными установками [Электронный ресурс]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: Специальность 07.00.10 «история науки и техники» / Е. В. Кудин ; научный руководитель М. М. Валиев ; УГНТУ – Уфа: 2020 – Режим доступа: <https://rusoil.net/files/1006/KudinEV/KudinEV-diss.pdf>, свободный. – (Дата обращения 10.03.2022).
2. Киреева Т.А. Безводные нефтяные залежи: происхождение и морфология/ Т.А. Киреева. – Текст: непосредственный // Георесурсы. – 2020. – С. 15 – 21.
3. Серебренникова О. В. Генезис нефтей месторождения Белый Тигр (Вьетнам) по данным о составе насыщенных ациклических углеводородов [Текст]: О.В. Серебренникова, Ву Ван Хай, Ю.В. Савиных, Н.А. Красноярова – Томский политехнический университет, институт химии нефти СО РАН, г. Томск, 2011.
4. Уточнённая технологическая схема разработки и обустройства месторождния «Белый тигр»: в 2 томах. Т. 1. – Москва: НИПИморнефтегаз, 2012. – 546 с. – Текст: непосредственный.
5. Каталог продукции «Новомет»: электронный каталог. – URL: <https://www.petromarkt.ru> (дата обращения: 10.03.2022). – Текст: электронный.
6. ГОСТ Р 56830-2015. Нефтяная и газовая промышленность. Установки скважинных электроприводных лопастных насосов. Общие положения: национальный стандарт: введён впервые: дата введения 2016-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 41 с. – Текст: непосредственный.

Анализ эффективности применения гидравлического разрыва пласта на Шельфовом нефтяном месторождении

Сумароков С.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Рассматриваемым объектом исследования является нефтяное месторождение, находящееся в зоне шельфа. В данный момент оно находится на поздней стадии разработки – характеризующейся значительной выработкой извлекаемых запасов, растущей обводненностью, неуклонным падением добычи нефти, и увеличением выбытия скважин из эксплуатации.

К факторам, неблагоприятно влияющим на эффективность разработки месторождения, относится следующее:

- сложное строение залежей невысокие коллекторские свойства продуктивных пластов и их неоднородность;
- неудовлетворительное состояние с вводом нагнетательных скважин и закачкой воды.

Существует несколько путей развития и прироста ресурсной базы — это разведка и открытие новых месторождений, и повышение степени выработки на уже существующих месторождениях. Открытие новых месторождений связано с большими затратами. Поэтому все большее внимание уделяется развитию современных методов увеличения нефтеотдачи уже открытых месторождений. Одним из таких методов является ГРП.

В условиях Шельфового месторождения выделены следующие критерии применимости ГРП на скважинах:

- дебит по жидкости менее $10 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- эффективная толщина пласта не менее 3 м;
- обводненность не менее 30 % и не более 75 %;
- остаточные извлекаемые запасы – не менее 70 % от НИЗ.

Данная работа основана на проектной документации и промысловых данных месторождения. Геолого-промысловая характеристика представлена в таблице 1.

В рамках исследования выполнены исследования по 18 скважинам. Анализ проведения ГРП на скважинах Шельфового месторождения показал, что по большинству скважин получена высокая эффективность увеличения дебита нефти после проведения ГРП в среднем составило 1,42 раз.

Усредненный показатель прироста суточной добычи нефти на одну скважину составил – 9,3 т/сут. В таблице 2 приведена краткая сводка по результатам проведения ГРП.

Из таблицы видно, что недостижение плановых получено по двум скважинам 255 и 887, что составляет 10 % от всех проведенных за рассматриваемый период ГРП. Недостижение связано с низкими фильтрационно-емкостными свойствами пород коллекторов, а также несоответствием скважин критериям подбора под данную технологию. В остальных 90 % скважин плановые показатели были достигнуты. На рисунке 1 представлена диаграмма распределения скважин по величине дополнительно добытой нефти).

Исходя из рисунка 1 можно выделить три группы скважин по показателю прироста суточной добычи нефти:

- низкоэффективные (менее 5 т/сут) – 16,7 %;
- среднеэффективные (от 5 до 10 т/сут) – 44,4 %;
- высокоэффективные (более 10 т/сут) – 38,9 %.

На рисунке 2 представлена наглядная эффективность проведения ГРП на Шельфовом месторождении.

Результаты накопленной дополнительной добычи нефти после проведения ГРП за период 2013-2015 г. представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Геолого-промысловая характеристика Шельфового месторождения

Показатель	Ед. изм.	Основной объект эксплуатации		
		Пласт Г1	Пласт Г2	Пласт Г3
Пористость	%	15-25		
Проницаемость	мкм ²	0,3		
Тип коллектора	-	Теригенный поровый		
Плотность нефти при н.у.	кг/м ³	844	841	841
Динамическая вязкость	мПа*с	8,0	7,9	7,2
Начальное пластовое давление	МПа	4,6	4,0	4,0
Содержание силикагелевых смолл в нефти	%	5,66	5,56	5,72
Содержание асфальтенов в нефти	%	0,45	0,53	0,54
Содержание твердых парафинов в нефти	%	7,7	7,26	7,55
Содержание серы в нефти	%	0,14	0,15	0,13
Содержание азота в нефти	%	0,07	-	0,06
Газовый фактор	м ³ /т	360		
Средняя эффективная толщина	м	10,5		
Коэффициент пористости	доли ед.	0,124		

Таблица 2 – Сопоставление дебитов до и после проведения ГРП

№ п/п	№ скв.	Количество пропанта, т	Дебит до ГРП, т/сут	Дебит после ГРП, т/сут	Плановый дебит после ГРП т/сут	Суточный прирост добычи т/сут
1	415/2	5	6,3	16,3	14,5	10,0
2	543	30	0,0	7,0	7,0	7,0
3	255	30	7,4	12,6	15,4	5,2
4	128	25	6,6	15,0	12,4	8,5
5	825	60	13,6	28,6	15,9	15,0
6	162	12	0,8	2,0	0,0	1,2
7	844	18	16,6	38,3	0,0	21,7
8	188	15	9,0	22,0	17,0	13,0
9	887	35	9,3	6,1	15,0	-3,2
10	862	17	3,6	3,2	1,1	-0,4
11	920	25	12,2	40,9	28,6	28,7
12	5408	30	0,0	5,5	3,4	5,5
13	5320	35	4,8	13,3	21,8	8,5
14	521	12	0,1	8,9	7,1	8,8
15	770	28	1,3	6,6	5,5	5,3
16	563/2	85	4,5	11,5	11,5	7,0
17	416/2	85	0,0	9,9	7,9	9,9
18	3438	30	0,0	15,8	15,2	15,8

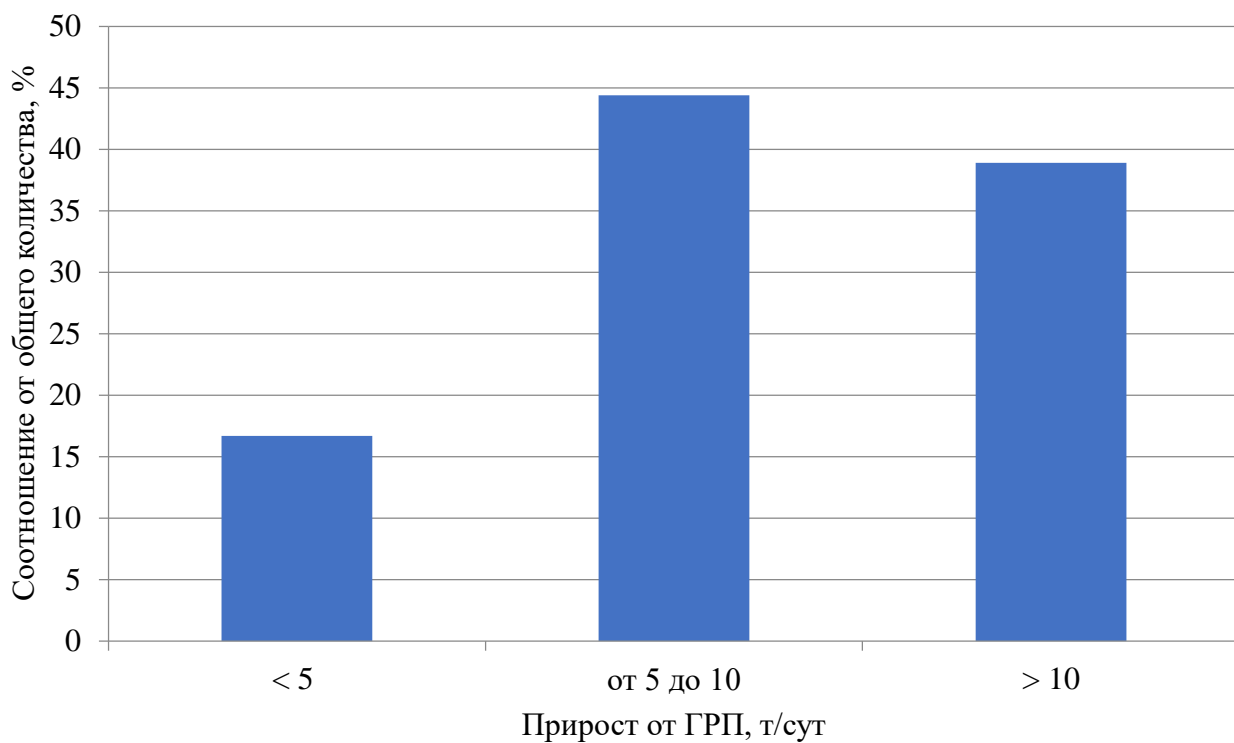


Рисунок 1 – Распределение скважин по величине дополнительно добытой нефти

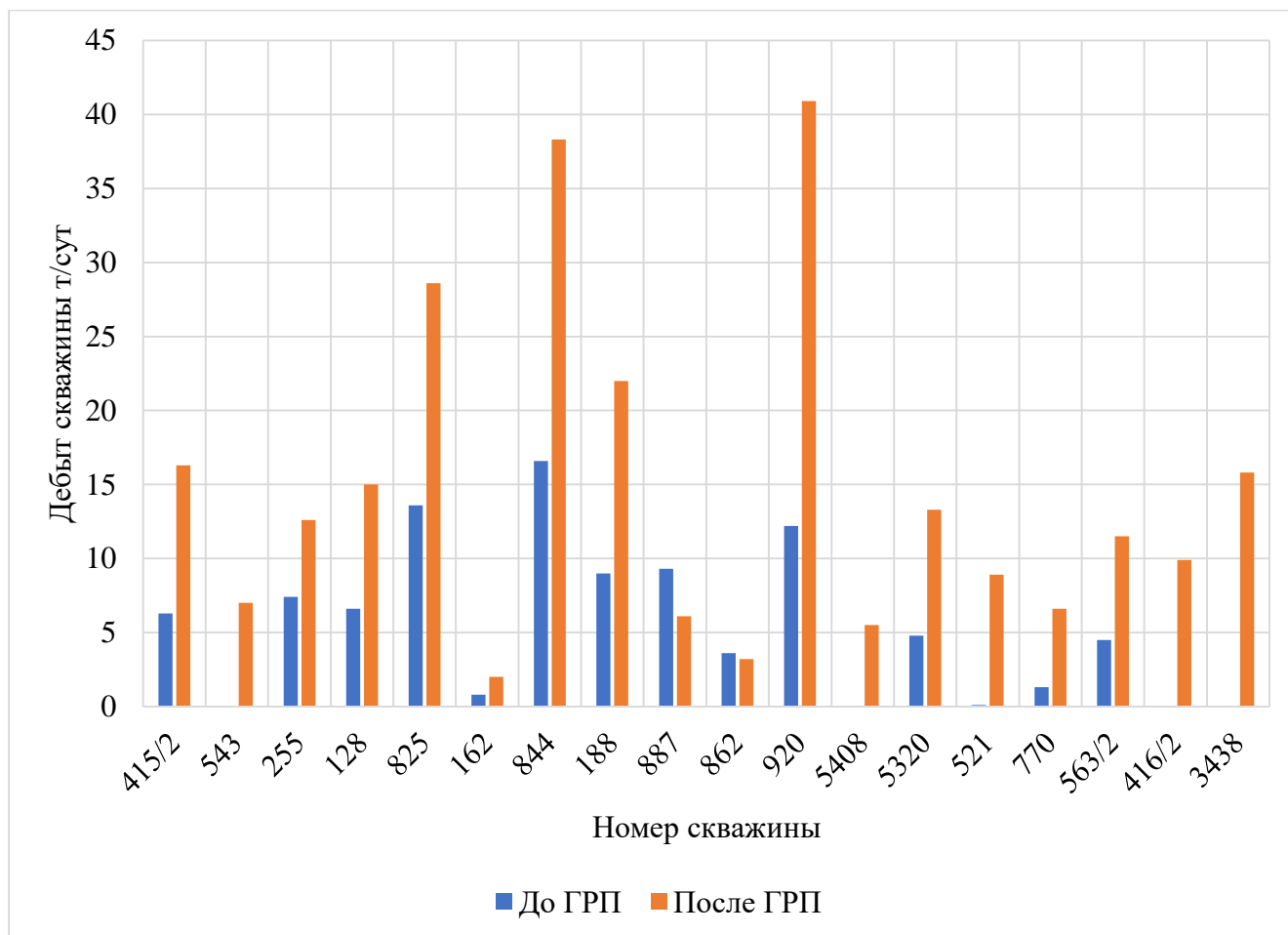


Рисунок 2 – Результаты дебита до ГРП и после проведения

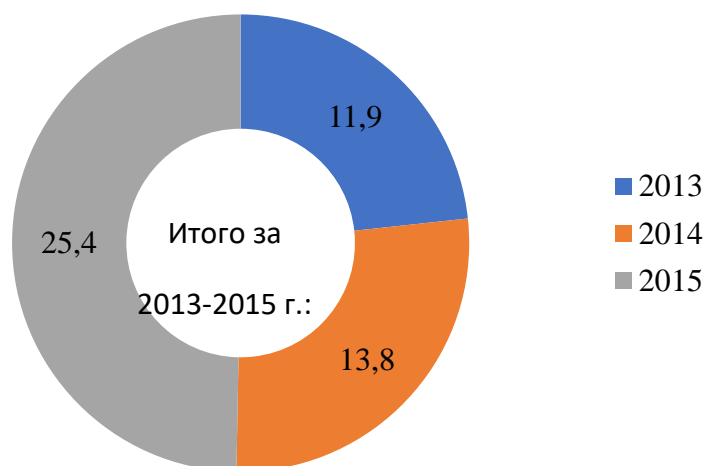


Рисунок 3 – Результаты накопленной дополнительной добычи нефти после проведения ГРП за период 2013-2015 гг.

В результате проведенного анализа применения ГРП на скважинах месторождения Шельфовое можно выделить следующие закономерности:

- продуктивность по всем скважинам после проведения гидравлического разрыва пластов выше продуктивности скважины до проведения технологии ГРП. В результате чего происходит компенсация снижения продуктивности, происходящей в процессе эксплуатации скважин;
- чем меньше значение продуктивности до проведения технологии ГРП, тем выше степень ее увеличения после проведения ГРП. Так же увеличение продуктивности можно наблюдать и с увеличением массы пропанта;
- снижение дебита жидкости после проведения ГРП в основном происходит в тех случаях, когда не соблюдается соответствие между отборами и закачкой – это характерно для пластов с низкой компенсацией отбора, что говорит о неэффективной работе системы ППД;
- из всего объема проведенных ГРП в 16,7 % технологических операций получена низкая технологическая эффективность, дополнительная добыча нефти на одну операцию – менее 5 т/сут. Основные причины низкой эффективности: выражаются в несоответствии скважин критериям подбора под данную технологию, низкие фильтрационно-емкостные свойства, а также рост обводненности добываемой продукции.

Библиографический список:

1. Миклина О. А. Гидравлический разрыв пласта (ГРП) [Текст]: учеб. пособие / О. А. Миклина, Т. Г. Ксёنز. – Ухта : УГТУ, 2019. – 120 с.

УДК 662.276

Особенности применения пароциклических обработок скважин для добычи высоко-вязкой нефти и битума

Суркова К.С.

Научный руководитель – Жангабылов Р.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В работе рассматриваются основные понятия, связанные с технологией пароциклических обработок скважин, ее применение на месторождениях высоковязкой нефти и битума. Рассматривается история использования технологии на таких месторождениях – Cold Lake (Канада), Kern River (США) и Усинское месторождение (Россия).

Наиболее эффективными технологиями разработки залежей высоковязких нефтей признаются тепловые и так называемые третичные методы, основанные на закачке пара в пласт. За всю историю нефтяной промышленности они успели себя зарекомендовать за счет простоты и из-за комплексного воздействия не только на добываемый высоковязкий флюид, но и продуктивный пласт [4].

Высоковязкая нефть – это нефть, в состав которой входит большое количество тяжелых ароматических углеводородов, смол и асфальтенов, имеющая вязкость свыше 25 мПа·с.

Природные битумы – вязкая жидкость и твёрдо-подобные вещества, которые образовались вследствие природного (естественного) процесса полимеризации нефти.

По плотности нефть классифицируется на очень легкую – до 830 кг/м³; легкую – от 830 кг/м³ до 850 кг/м³; среднюю – 850 кг/м³ до 870 кг/м³; тяжелую – от 870 до 895 кг/м³ и на битуминозную более 895 кг/м³.

В зависимости от их динамической вязкости подразделяется на:

- залежи высоковязких нефтей, когда величина вязкости не превышает 10 мПа·с в пластовых условиях;

- залежи с повышенной вязкостью нефти от 10 до 30 мПа·с;
- залежи вязких нефтей от 30 до 50 мПа·с;
- залежи высоковязких нефтей от 50 до 200 мПа·с;
- залежи сверхвязких нефтей более 200 мПа·с [5].

В основе практически всех систем разработок залежей, содержащих аномально вязкую нефть лежат технологии теплового воздействия на пласт. Наибольшее распространение в мировой практике получили технологии, основанные на закачке пара в пласт [4].

Особенностью залежей является очень высокое фильтрационное сопротивление пористой части пласта, которая насыщена малоподвижной нефтью, что значительно осложняет процесс вытеснения нефти. Проведенные многочисленные лабораторные исследования показали, что создание фильтрационного потока при допустимых градиентах давления в коллекторе относительно высокой проницаемости, но насыщенного высоковязкой нефтью, возможно только после предварительного прогрева пласта и снижения вязкости до определенного уровня.

Циклическое нагнетание пара в пласт осуществляют периодическим прямым нагнетанием пара в нефтяной пласт через добывающие скважины, с некоторой выдержкой их в закрытом состоянии и последующей эксплуатацией тех же скважин для отбора из пласта нефти с пониженной вязкостью и сконденсированного пара [2].

Основным фактором, влияющим на нефтеотдачу при закачке пара, является снижение вязкости нефти. Также выделяют такие факторы как термоупругое расширение пластовых флюидов, снижение коэффициента растворимости газа в нефти, выделение газа и активизация режима растворенного газа, который в ряде случаев становится основным фактором повышения нефтеотдачи, интенсификация капиллярной пропитки водой и дистилляция нефти паром и смешивающие вытеснение [5].

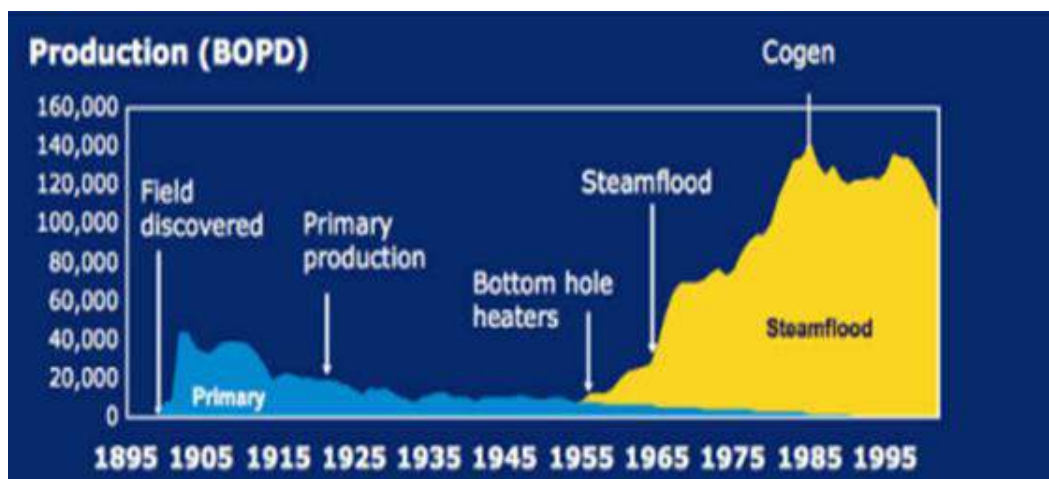
С 1957 года Венесуэла считается родиной пароциклических обработок призабойных зон добывающих скважин, на ее месторождениях испытывались различные методы термического воздействия, в том числе вытеснение нефти паром [2].

Закачка пара в США началась более 60 лет назад на месторождениях, содержащих высоковязкую нефть, в штате Калифорния. Первым официальным упоминанием о циклической закачке пара в Калифорнии приходится на месторождение Йорба Линда в 1960 году. В 1961 году началась пароциклическая закачка на месторождении Керн-Ривер, а в 1962 году на двух месторождениях, а именно Коалинга и МакКиттрик, был запущен циклический пар. Тестирование по закачке пара в пласт до 1966 года успели применить на 59 отдельных областях. Некоторые из них походили на энтузиазме, который возникал по большей части из-за возможности увеличения денежного потока и возможностью проведения испытаний с минимальными требованиями и использованием арендованного оборудования для

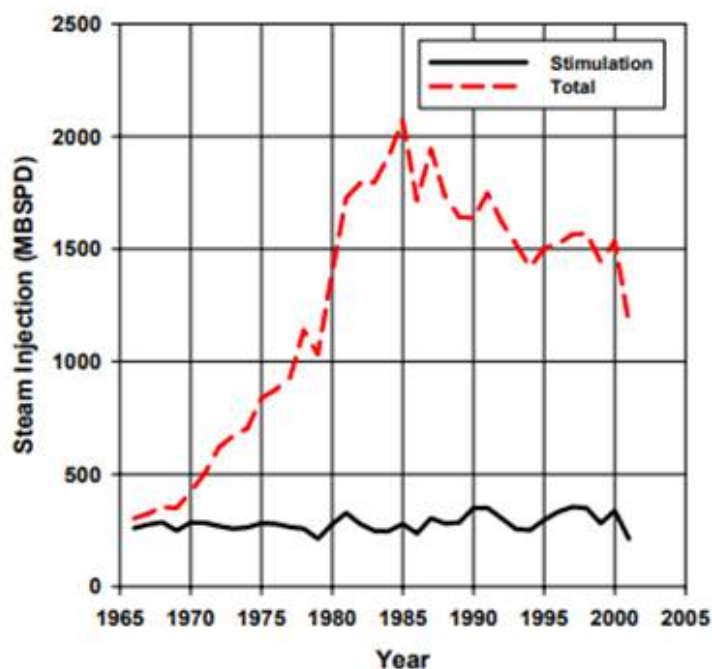
производства пара. Влияние высоких температур на обсадную колонну и цемент было плохо изучено, что привело к неудачным испытаниям. Однако за это время, по сути закачка пара полноценным процессом в Калифорнии [1].

Kern River является чрезвычайно старым месторождением, оно было открыто в 1899 году. После более чем 100 лет добычи большая часть нефти была добыта, а это около 2 миллиардов баррелей. В среднем каждая скважина на месторождении добывает около 10 баррелей в сутки. Производство было низким до тех пор, рисунок 1а, пока примерно в 1965 году не введена закачка пара. Пик добычи составляет 141,000 баррель в сутки был достигнут в 1985 году, после введения когенерации. [3]. Максимальный объем закачиваемого пара приходится на 1985 год – 262,0 барреля в сутки, рисунок 1б [1].

При первичном способе извлечения нефти удавалось добыть от 5 до 10 %, при использовании горячей воды 15-25 %, при использовании закачки пара извлечение нефти выросло в 50-80%. Почти все добывающие скважины на месторождении являются вертикальными. С недавних времен компания начала использовать в добыче и горизонтальные скважины. Они имеют место быть, если нефть залегает горизонтально и, если пласт по всей длине был надлежащим образом нагрет паром. Если нагрелась только часть пласта, нефть не течет достаточно свободно, чтобы такая скважина была полезной [3].



a)



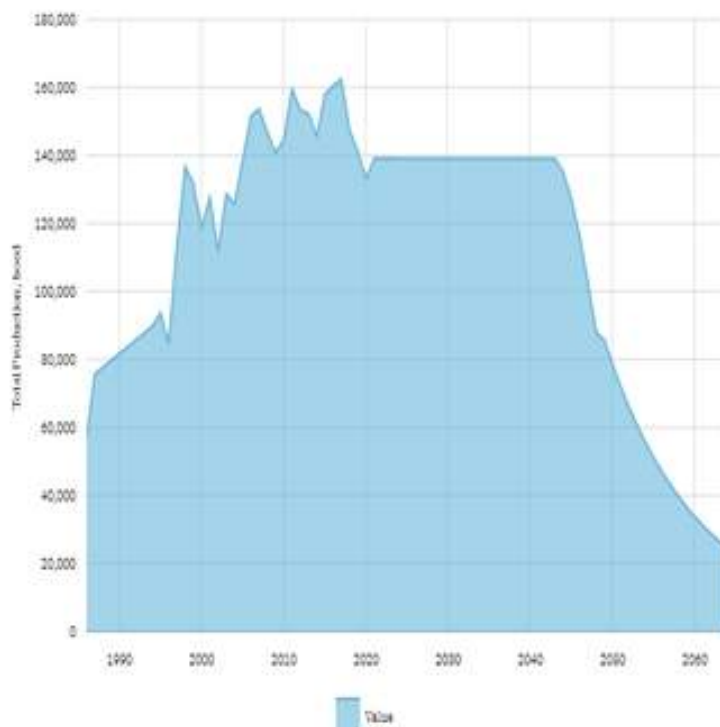
б)

Рисунок 1– а) динамика добычи на Kern River; б) динамика закачиваемого пара на Kern River.

Cold (Imperial Oil Limited) это месторождение нефтеносных песков, расположенное на суше Канады, показано на рисунке 2а, и эксплуатируемое компанией Imperial Oil. На месторождении нефтеносных песков Колд-Лейк (Imperial Oil Limited) извлечено 48,47% общих извлекаемых запасов, при этом пик добычи пришелся на 2017 год, показано на рисунке 2б. Максимальный объем добычи составил примерно 162,61 тыс. баррелей в сутки сырой нефти и конденсата. Исходя из экономических предположений, добыча будет продолжаться до тех пор, пока в 2064 году месторождение не достигнет своего экономического предела. В настоящее время на месторождение приходится около 2% ежедневной добычи в стране [2]. За 1 цикл в скважину закачивается около 8 тыс.т пара. В среднем закачивается до 100 тыс.т пара, а также в среднем объем закачиваемого пара составляет 300 т/сут. Всего по каждой скважине проводят до 12 циклов [4].



a)



б)

Рисунок 2 – а) расположение месторождения Cold Lake; б) динамика добычи на Cold Lake.

Пароциклические обработки добывающих скважин на пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения начали проводить с 1993 года.

За период с 1993 года по 2005 год, изображено на рисунке 3, на месторождении было проведено 279 пароциклических обработок по 17 скважинам. Общий расход пара составил 1187,6 тыс.т. Добыча оценивается в 1375,9 тыс. тонн. Максимальное количество закачиваемого пара приходится на 2003 год и составляет 285,3 тыс. тонн. Максимальная добыча за выбранный период приходится на 1995 год – 288 тыс. тонн нефти [4].



Рисунок 3 – Динамика добычи и расхода пара на Усинском месторождении [4].

В результате приведенного исследования были изучена технология пароциклических обработок скважин. Проиллюстрировано использование данной технологии на Усинском месторождении высоковязкой нефти, на месторождении Kern River в Калифорнии и на месторождении Канады Cold Lake.

Выводы.

Изучены понятия высоковязкой нефти и битума, технология пароциклических обработок скважин на призабойную зону пласта, факторы, которые влияют на нефтеотдачу пласта.

Приведен графики динамики добычи нефти на месторождениях, а также динамики закачиваемого пара в пласт.

Применение технологии пароциклических обработок существенно влияют на нефтеотдачу пласта.

Библиографический список:

1. Hanzik E. J., Mims D. S. Forty years of steam injection in California – The evolution of heat management / Society of Petroleum Engineers Inc 2003. – 8с.
2. Shayganpour F., Comparison of CSS and SAGD in Cold Lake / University of Calgary's Digital Repository 2015. – 162с.
3. Actuary G. A visit to Chevron's Kern River heavy oil facility / The oil drum, discussions about energy and our future 2009. – 7с.
4. Рузин Л. М. Технологические принципы разработки залежей аномально вязких нефтей и битумов [Текст]: монография / Л. М. Рузин, И. Ф. Чупров; под ред. Н. Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2007г. – 244с. : ил. ISBN 978-5-88179-473-6
5. Рузин, Л. М. Разработка залежей высоковязких нефтей и битумов с применением тепловых методов [Текст]: учеб. пособие / Л. М. Рузин, О. А. Морозюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ухта : УГТУ, 2015. – 166 с. ISBN 978-5-88179-902-

Оценка качества свабиrowания по данным системы контроля свабиrowания

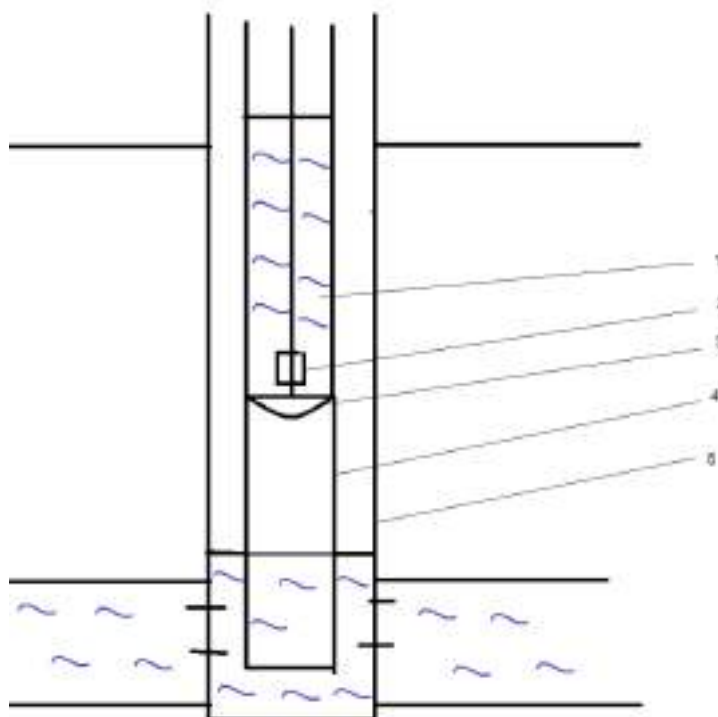
Тетерина К.С., Рочев А.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Свабиrowание является одним из способов снижения забойного давления. Свабиrowание применяется в следующих случаях:

- для удаления бурового раствора из скважины;
- для удаления продуктов распада после кислотной обработки;
- для снижения уровня жидкости в стволе скважины перед проведением перфорации;
- для выявления динамического положения уровня жидкости в скважине;
- для замены жидкостей в скважине;
- для создания перепада давления и последующего пуска скважины;
- для определения притока жидкости,

Процесс свабиrowания (рисунок 1) осуществляется при помощи специального устройства – сваба. За один рейс сваб совершает движение вниз и вверх. Плотное прилегание сваба к стенкам скважины достигается за счет применения специальных манжет.



1 — столб жидкости, 2 — система контроля свабиrowания, 3 — сваб, 4 — НКТ, 5 — эксплуатационная колонна

Рисунок 1 — Схема процесса свабиrowания

В настоящее время контроль процесса свабиrowания ведется с помощью специальных систем контроля свабиrowания (СКС), которые позволяют фиксировать следующие показатели: давление, температура, нагрузка, скорость движения сваба, удельное электрическое сопротивление жидкости, влагомер. Распространенной системой контроля свабиrowания является система "Сова СВАБ".

Но несмотря на наличие СКС, основным источником данных о процессе является таблица свабиrowания, заполняемая оператором вручную, которая содержит только основные сведения: время начала рейса, положение уровня жидкости, глубина опускания сваба, линейный вынос, объемный вынос и комментарии.

С помощью программы SAFManager можно обработать данные с системы контроля свабиrowания. Данные загружаются в программу с расширением .dat. После этого можно наблюдать показания различных приборов в виде графиков.

На рисунке 2 представлен фрагмент динамики свабиrowания по записи СКС «Сова СВАБ» для скважины номер 885 (сверху вниз первый график — это нагрузка в килограммах, второй график — это давление, выраженное в кгс/см², третий график — это скорость выраженная в м/ч и четвертый график — это показания резистивиметра.

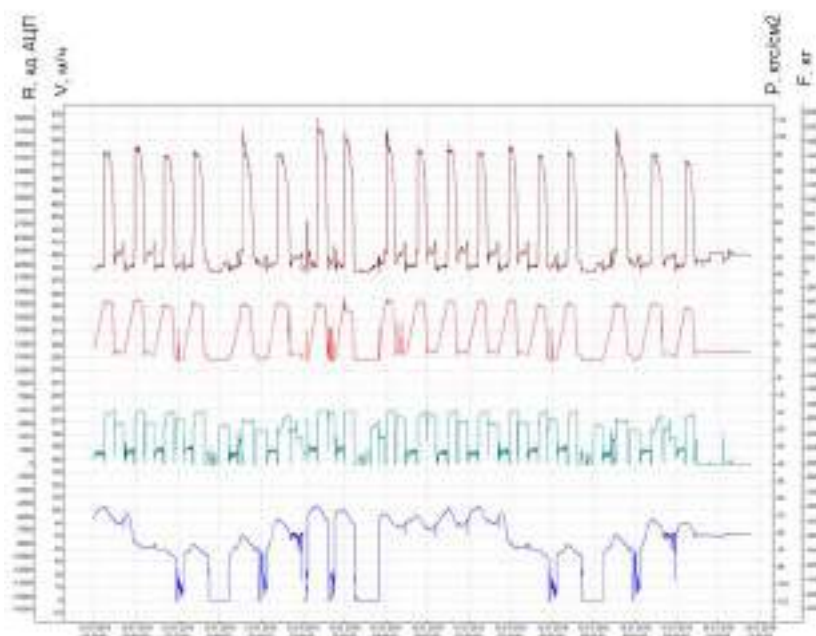


Рисунок 2 — Фрагмент динамики свабиrowания по записи СКС «Сова СВАБ» для скважины номер 885

На рисунке 3 изображен один из рейсов свабиrowания скважины номер 885. Рассмотрим первый сверху график, на нем изображена динамика давления.

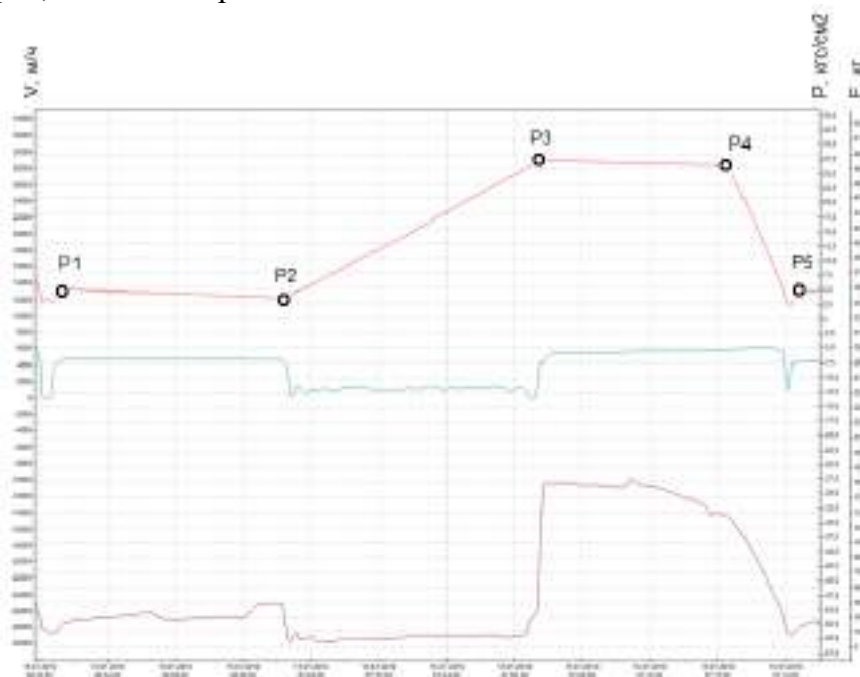


Рисунок 3 — Подробное описание одного рейса 885 скважины

На данном графике четко можно выделить 5 точек давления, которые интересуют нас в рамках доклада:

P_1 — давление столба жидкости, оставшегося над свабом после завершения предыдущего рейса, перед началом следующего;

P_2 — давление столба жидкости, оставшегося над свабом после завершения предыдущего рейса перед входом в жидкость;

P_3 — давление столба жидкости в нижней точке спуска сваба, перед началом движения вверх;

P_4 — давление столба жидкости в момент достижения устья жидкостью над свабом;

P_5 — давление столба жидкости в конце подъема.

Величина потерь складывается из потерь на двух участках — на участке подъема $T_{\text{подъем}}$ и на участке выноса $T_{\text{вынос}}$.

Расчет потерь жидкости на участке начало подъема-начало выноса можно оценить по падению давления:

$$\Delta P_1 = P_3 - P_4$$

где

ΔP_1 — потери жидкости на участке начало подъема — начало выноса, кгс/см²;

P_3 — давление столба жидкости в нижней точке спуска сваба, перед началом движения вверх, кгс/см²;

P_4 — давление столба жидкости в момент достижения устья жидкостью над свабом, кгс/см².

Очевидно, что на участке выноса потери жидкости также происходят. Оценить их величину по записи СКС затруднительно, поскольку оба процесса (вынос жидкости и стекание вниз) происходят одновременно. В первом приближении можно оценить эту величину считая, что темп потерь одинаков на обоих участках, тогда:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \frac{T_{\text{вынос}}}{T_{\text{подъем}}}$$

где

ΔP_2 — потери жидкости на участке выноса, кгс/см²;

$T_{\text{вынос}}$ — время между точками P_4 и P_5 на рисунке 3, с;

$T_{\text{подъем}}$ — время между точками P_3 и P_4 , с;

Общая величина потерь определяется как сумма:

$$\Delta P_{\text{потерь}} = \Delta P_1 \left(1 + \frac{T_{\text{вынос}}}{T_{\text{подъем}}} \right)$$

где

$\Delta P_{\text{потерь}}$ — суммарная величина потерь, кгс/см²;

Отношение полученной величины к давлению столба жидкости в нижней точке опускания сваба дает относительную величину потерь:

$$\overline{\Delta P}_{\text{потерь}} = \frac{\Delta P_{\text{потерь}}}{P_3}$$

где

$\overline{\Delta P}_{\text{потерь}}$ — относительная величина потерь, б/р.

В таблице 1 представлены результаты расчета величины потерь для 885 скважины. Среднее значение потерь по данным 10 рейсов составляет 4,94 %.

Такие же расчеты были проведены для скважины номер 1834 (таблица 2) и в результате оказалось, что для данной скважины средняя величина потерь составляет 25,57 %.

В докладе анализируются данные СКС, полученные в ходе свабирований для нескольких скважин. Показано, что по данным СКС можно рассчитать не только все параметры, которые входят в традиционную итоговую таблицу, но и дополнительные характеристики процесса. Например, по записи давления над свабом, можно определить величину утечек жидкости на различных этапах рейса. Это открывает возможность стоять зависимости величины утечек от

различных параметров (скорости движения сваба, глубины опускания, массы захватываемой жидкости и т.п.

Среднее значение потерь по данным 10 рейсов для скважины 885 составляет 5 %.

Такие же расчеты были проведены для скважины номер 1834 и в результате оказалось, что для данной скважины средняя величина потерь составляет 25 %.

Полученный результат поможет в оптимизации времени свабирования и в сравнении работы различных манжет.

Таблица 1 — Результаты расчета величины потерь для 885 скважины

№ рейса	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T подъем	T вынос	ΔP ₁	ΔP ₂	Суммарные потери	% потерь
2	4,69	3,44	27,66	27,09	4,24	0:04:59	0:02:19	0,57	0,26	0,83	2,99
3	4,24	2,54	25,29	24,34	1,79	0:05:17	0:02:12	0,95	0,40	1,35	5,34
4	1,79	0,52	25,91	24,89	2,48	0:06:04	0:03:28	1,01	0,58	1,59	6,14
5	2,48	0,30	25,75	24,79	2,70	0:07:36	0:01:35	0,96	0,20	1,16	4,52
6	2,70	1,34	25,91	25,20	3,92	0:06:11	0:02:47	0,71	0,32	1,04	4,00
7	3,92	0,45	25,48	24,97	2,26	0:05:22	0:02:04	0,52	0,20	0,71	2,80
8	2,26	0,63	25,80	22,27	1,79	0:05:02	0:01:51	3,53	1,30	4,83	18,71
9	1,79	1,94	27,11	27,03	3,96	0:04:56	0:03:50	0,08	0,06	0,14	0,51
10	3,96	3,06	26,88	26,62	5,14	0:05:22	0:02:20	0,27	0,12	0,38	1,43
11	5,14	3,95	27,28	26,80	4,86	0:05:11	0:03:31	0,48	0,33	0,81	2,95
Среднее значение потерь											4,94

Таблица 2 — Результаты расчета величины потерь для скважины 1834

№ рейса	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T подъем	T вынос	ΔP ₁	ΔP ₂	Суммарные потери	% потерь
6	1,07	0,76	23,79	19,30	2,43	0:02:23	0:02:05	4,49	3,92	8,41	35,36
7	2,43	0,29	23,83	19,91	2,02	0:02:27	0:01:41	,93	2,70	6,63	27,80
8	2,02	0,12	22,03	20,00	1,79	0:02:27	0:01:34	2,03	1,30	3,33	15,12
9	1,79	0,59	21,85	19,16	2,70	0:02:30	0:01:56	2,69	2,08	4,78	21,86
10	2,70	0,72	24,57	18,30	4,39	0:02:42	0:01:48	6,27	4,18	10,45	42,52
11	4,39	0,71	23,80	20,81	2,79	0:02:39	0:02:11	3,00	2,47	5,46	22,95
12	2,79	1,27	23,51	19,34	2,91	0:02:43	0:02:01	4,17	3,09	7,26	30,89
13	2,91	1,84	22,89	19,96	1,79	0:02:46	0:02:02	2,93	2,15	5,08	22,21
14	1,79	0,74	23,30	21,34	2,12	0:02:38	0:01:43	1,95	1,27	3,22	13,84
15	2,12	0,12	23,43	19,65	2,19	0:03:07	0:01:21	3,78	1,64	5,41	23,10
Среднее значение потерь											25,57

Библиографический список:

1.Рязанцев Н. Ф., Карнаухов М.Л. и др. Испытания скважин в процессе бурения.// Москва «НЕДРА». С.162-250.

2.Справочник « Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин.» //Москва «НЕДРА» С.219-238.

Ворона А.А.

*Филиал Тюменского индустриального университета в г. Нижневартовске,
г. Нижневартовск, Россия*

Содержащиеся в нефти парафины могут выделяться из нее кристаллизацией при температуре, ниже определенной, – температуре начала кристаллизации парафинов ТНКП. ТНКП зависит от химического состава нефти и от молекулярной массы растворенных в этой нефти парафинов. Когда температура нефти становится ниже ТНКП, первыми начинают кристаллизоваться парафины с более высокой молекулярной массой, т. Е. Церезины.

На кинетику образования кристаллов АСПО могут влиять ряд факторов: – снижение давления в области забоя и связанное с этим нарушение гидродинамического равновесия газожидкостной системы;

- интенсивное газовыделение;
- уменьшение температуры в пласте и стволе скважины;
- изменение скорости движения газожидкостной смеси и отдельных её компонентов;
- состав углеводородов в каждой фазе смеси;
- соотношение объёмов фаз (нефть-вода).

В призабойной зоне пласта (ПЗП) перечисленные факторы меняются непрерывно от периферии к центральной области в скважине, а в самой скважине – от забоя до устья, поэтому количество и характер отложений не являются постоянными [1].

Отложение парафинов на внутренней поверхности насосно-компрессорных труб (НКТ) добывающих скважин вызывает уменьшение внутреннего диаметра НКТ и, как следствие, снижение количества жидкости, добываемого скважиной вплоть до полной ее остановки в результате образования в НКТ глухой парафиновой пробки. Отложение парафинов может происходить не только в добывающих скважинах, но и в любом месте нефтепромысловых систем, где температура нефти ниже ТНКП: в трубопроводах систем сбора нефти (ССН), транспортирующих обводненную нефть от кустов скважин к пунктам сбора, в межпромысловых трубопроводах, транспортирующих обводненную или частично подготовленную нефть от одних пунктов сбора до других, в трубопроводах, транспортирующих подготовленную нефть до товарных парков, в аппаратах установок подготовки нефти, в резервуарах промысловых сборных пунктов и товарных парков. Отложение парафинов в трубопроводах приводит к снижению их производительности (пропускной способности) и возрастанию давления в голове трубопровода. Отложения парафинов в резервуарах (как правило, на дне) за 3–5 лет могут достигать 1,5–2,0 м в высоту (Западная Сибирь), существенно уменьшая полезный объем резервуаров [2].

Борьба с отложениями

Для осуществления борьбы с парафином в нефтяных скважинах в составе НКТ над насосом устанавливается пакер-клапан. Место установки пакера определяется с учетом пластового давления на глубине, позволяющей при определенном удельном весе жидкости глушения заглушить скважину ниже зоны отложения парафина. Схема установки для депарафинизации представлена на рисунке 1.

Технология проведения операции заключается в следующем (она не новая, но предлагаемое ЗАО «Инвестиционные технологии» оборудование позволяет довести ее до 100% успешности):

1. АДП подключается к затрубному пространству.
2. При работающем насосе (это обязательное условие), на минимальной скорости и максимальной температуре начинается прокачка.
3. При этом парафин отстает от внутренней поверхности НКТ, начиная от устья, и выносится подаваемой насосом жидкостью, постепенно доходя до клапана, установленного ниже интервала отложения парафина.
4. Для операции необходимо $1,5 \div 2$ объема жидкости прокачки.

5. Данную систему можно использовать для прокачки химии, дозатором будет являться расчетный диаметр отверстия над пакером.

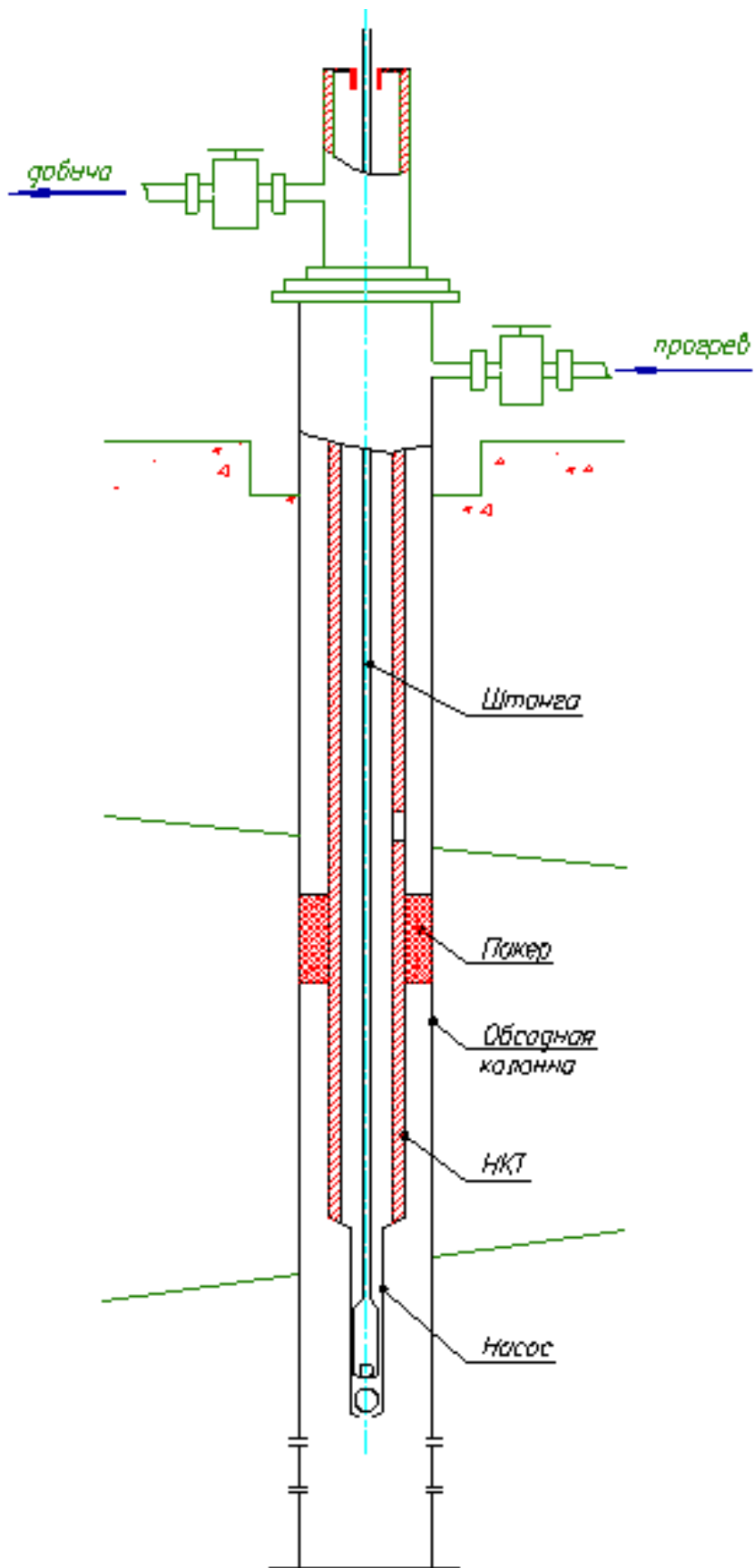


Рисунок 1 – Схема установки для депарафинизации

Описанная технология применима и с насосами других типов, например: электро-винтовыми, диафрагменными или ЭЦН.

Пакер для оснащения под ШГН и винтовые насосы при небольшой глубине отложения парафина - Пакер-клапан ПКГ 118-73М. Пакер для ЭЦН - Пакер ПЭМ-140 (146; 168) (рисунок 2).

Пакер ПЭМ-140 (146; 168) для ЭЦН

Предназначен для обеспечения циркуляции горячей жидкости выше зоны отложения парафина, исключая тем самым попадание горячей жидкости и парафина на вход насоса. Циркуляция возможна без остановки насоса.

Пакер устанавливается в составе НКТ в месте, соответствующем точке начала выпадения парафина в НКТ. Винтовой разрез уплотнителя пакера позволяет пропустить кабель через уплотнитель в любом месте по длине кабеля. Последующая герметичность пакера достигается затяжкой винтового разреза уплотнителя с помощью продольных шпилек.

В тоже время, с целью обеспечения возможности удаления газа из-под пакера, и предотвращения создания больших перепадов давления при освоении скважины, вследствие снижения давления под пакером, пакер имеет зазоры между кабелем и резиной, площадь которых, и соответственно гидравлическое сопротивление, соответствует дросселю диаметром 25 мм, что при прокачке горячей нефти обеспечивает утечку через пакер не более 0,5 л/сек. С таким же темпом, после операции депарафинизации, удаляется под пакер нефть ли жидкость глушения при первом запуске.

Над пакером устанавливается циркуляционный клапан или рабочее отверстие для пропуска горячей жидкости из затрубного пространства в НКТ выше зоны установки насоса.

Установка и сьем пакера не требует дополнительных операций.

Проведена разработка пакера Ду 146 под кабель сечением 12×32 мм.

Технические параметры работы пакера представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики ПЭМ-140

Тип пакера	Условный диаметр обсадной колонны, мм	Рабочая температура, °С	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
ПЭМ – 140 (146; 168)	140	150	124	700	15
	146		132		
	168		152		

Данная технология борьбы с парафиноотложениями имеет ряд преимуществ:

- Возможность использования с насосами любых типов (ШГН, ЭЦН);
- Ликвидация отложений без остановки добычи;
- Экономичность;
- Предотвращение создания больших перепадов давления;
- Промывка скважины по затрубю;
- Возможность использования технологии горячей промывки.

Подводя итог, можно сказать что для осуществления борьбы с парафином в нефтяных скважинах в составе НКТ мы рекомендуем над насосом устанавливать пакер-клапан. Так как он обеспечивает циркуляцию горячей жидкости выше зоны отложения парафина, исключая тем самым попадание горячей жидкости и парафина на вход насоса. Циркуляция возможна без остановки насоса.

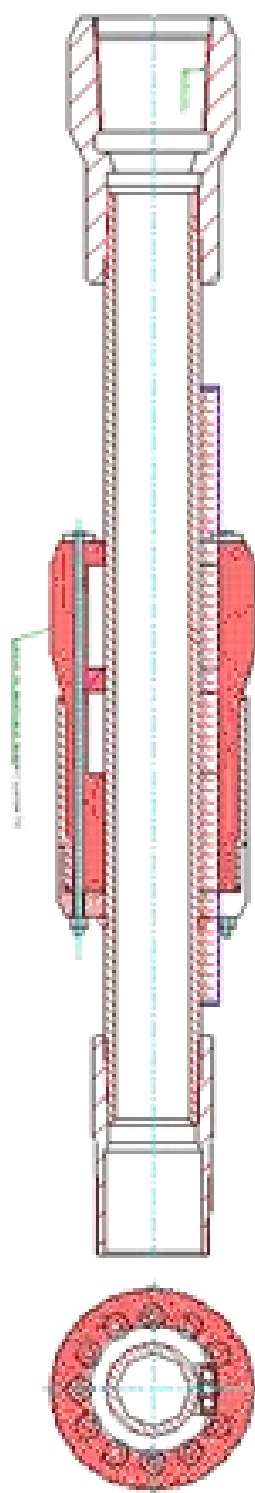


Рисунок 2 - Пакер ПЭМ-140 (146; 168)

Библиографический список:

1. Тронов В.П. Механизм образования смоло-парафиновых отложений и борьба с ними. - М.: Недра, 1970.
2. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. Владивосток: Дальнаука, 2011. – 288 с.

Расчет основных параметров трещин гидроразрыва пласта с целью предотвращения обрушения горный пород на Приобском нефтяном месторождении

Сафиуллина Е.У., Ямкин М.А.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время на многих месторождениях России резко снижается количество добываемой нефти в силу того, что месторождения выработали свой изначальный потенциал. Для увеличения коэффициента нефтеотдачи в настоящее время применяются различные технологии, наиболее часто-применяемой технология является технология гидроразрыва пласта. Данная технология позволяет значительно увеличить количество добываемой нефти, а также «подключить» к разработке те участки месторождений, которые не разрабатывались до этого. Однако данная технология, по данным литературы, имеет несколько недостатков, одним из которых является обрушение пород. В данной работе на основе Приобского месторождения рассматриваются преимущества данной технологии, а также анализ проблемы обрушения пород.

Приобское месторождение представлено несколькими продуктивными горизонтами АС10, АС11, АС12. По данным литературы, коллектора данных месторождений представлены песчаниками [1, с.49].

Породы на данном месторождении обладают следующими фильтрационно-емкостными свойствами (таблица 1).

Таблица 1 – Фильтрационно-емкостные свойства Приобского месторождения

Параметр	Единицы измерения	Продуктивный горизонт	Значение
Пористость	%	АС 10	18,0 [1,с.18]
		АС 11	19,0 [1,с.18]
		АС 12	18,0 [1,с.18]
Проницаемость	мД	АС 10	4,0 [1,с.18]
		АС 11	5,9 [1,с.18]
		АС 12	1,9 [1,с.18]

Анализируя данные таблицы 1, а также некоторые литературные данные [1], можно сделать вывод, что для коллекторов продуктивных пластов Приобского месторождения характерны низкая проницаемость, низкая песчанность, высокая расчлененность, что приводит к необходимости использования технологий ГРП.

Анализ проведения ГРП в некоторых скважинах, согласно литературным данным [1, с.69], показал высокую эффективность проведения гидроразрыва пласта (рисунок 1 [1, с.69]).

Анализируя график добычи нефти, следует сделать вывод, что технология ГРП привела к росту количества добытой нефти. А также к росту добычи нефти на скважинах в несколько раз (таблица 2 [1,с.87]).

Итак, проанализировав различные показатели разработки, следует рассчитать основные показатели для проведения ГРП (в данной работе необходимо узнать длину трещины). Для этого воспользуемся методикой расчета основных параметров ГРП Мищенко И.Т. [2, с.215].

В силу отсутствия некоторых величин в доступных источниках информации вычисления приводятся исключительно в формульном виде. При дальнейшей необходимости возможен расчет данных величин в численном виде при использовании данных формул.

1) Определим количество жидкости, необходимое для проведения ГРП по формуле 1:

$$V_{ж} = \frac{Q_{п}}{C_{п}}, \text{ где} \quad (1)$$

$Q_{п}$ - количество закачиваемого пропанта [т]

$C_{п}$ - концентрация закачиваемого пропанта [т/м³]

2) Рассчитаем давление, которое необходимо создать для разрыва пласта по формуле 2:

$$p_{\text{разр}} = 10^{-2} K H_c, \text{ где} \quad (2)$$

K - коэффициент, принимаемый равным 1,5 – 1,8 [МПа/м]

H_c - длина скважины [м]

3) рассчитаем горизонтальную составляющую горного давления по формуле 3:

$$p_{\text{ГГ}} = p_{\text{ГВ}} \frac{\mu}{1-\mu}, \text{ где} \quad (3)$$

$p_{\text{ГВ}}$ - вертикальная составляющая горного давления [МПа]

μ – коэффициент Пуассона, принимаемый различные значения для горных пород

4) Рассчитаем вертикальную составляющую горного давления по формуле 4:

$$p_{\text{ГВ}} = \rho_{\text{п}} g H_c 10^{-6}, \text{ где} \quad (4)$$

$\rho_{\text{п}}$ -плотность горных пород над продуктивным горизонтом [кг/м³]

5) Далее рассчитаем проектную длину трещины по формуле 5:

$$l = \sqrt{\frac{V_{\text{ж}} E}{5,6(1-\mu)^2 h (p_{\text{разр}} - p_{\text{ГГ}})}}, \text{ где} \quad (5)$$

E – модуль упругости, принимающий различные значения для горных пород [МПа]

h - толщина продуктивного горизонта [м]

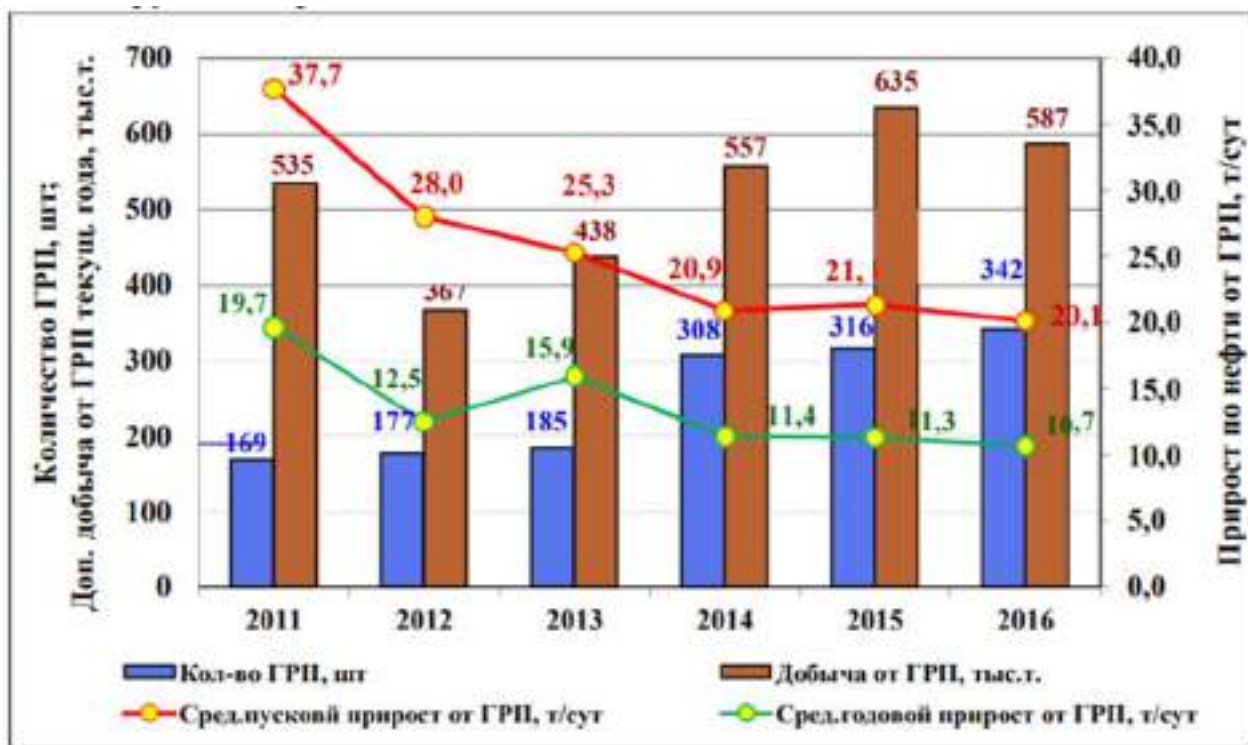


Рисунок 1 – эффективность проведения ГРП на Приобском месторождении

Рассчитав длину трещины, далее необходимо рассчитать, выдержит ли ее грунт, не будет ли происходить разрушение пород, и, как следствие, ее обвал или же подземные толчки.

Согласно Теории Гриффитса каждое тело обладает трещинами, которые при увеличении внешней нагрузки увеличиваются [3, с.11]. При этом данная теория утверждает, что трещины увеличиваются до какого-то определенного значения, после чего, в материале, к которому приложена нагрузка, теряется прочность, и трещины продолжают распространяться самопроизвольно. Условия для того, чтобы это происходило [4, с.5] описываются выражением 6:

$$\begin{cases} K_I(l) \geq K_{IC} \\ \frac{\partial K_I(l)}{\partial l} > 0 \end{cases}, \text{ где} \quad (6)$$

$K_I(l)$ -коэффициент интенсивности напряжений

K_{IC} - силовой критерий разрушения

Таблица 2 – анализ показателей разработки до и после проведения ГРП

Скважина	До ГРП		После ГРП					
	Дебит нефти т/сут	Дебит жидкости т/сут	2011 г.		2012 г.		2013 г.	
			Дебит нефти т/сут	Дебит жидкости т/сут	Дебит нефти т/сут	Дебит жидкости т/сут	Дебит нефти т/сут	Дебит жидкости т/сут
4006	4,7	12,0	10,6	24	10,0	23	9,0	21,0
4025	3,0	7,4	12,6	27,0	11,8	26,0	10,7	23,0
2806	4,9	12,5	14,8	34,0	13,9	32,0	12,5	29,0
4002	7,1	9,0	15,4	17,0	14,5	16,0	13,0	15,0

Отсюда можно сделать вывод, что трещина начинает распространяться самопроизвольно, при возрастании коэффициента интенсивности напряжений в породе и при преодолении им величины силового критерия разрушения.

При этом возрастание коэффициента интенсивности напряжений рассчитывается по сложным зависимостям [4, с.5].

Для расчета силового коэффициента разрушения необходимо воспользоваться формулой 7 [4, с.5]:

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi l_{кр}}, \text{ где} \quad (7)$$

σ – напряжения в породе [МПа]

$l_{кр}$ - критическая длина трещины [м]

Критическую длину трещины можно рассчитать по формуле 8 [5, с. 454]:

$$l_{кр} = \frac{2E\mu}{\pi\sigma^2} \quad (8)$$

Рассчитав все параметры для проведения ГРП можно контролировать длину трещины и ее распространение без разрушения пород, а следовательно, возможно предотвратить различные техногенные бедствия, связанные с ГРП. Можно сделать вывод, что на Приобском месторождении данный расчет вышел правильным, поскольку, согласно изученным доступным данным обрушений пород на месторождении вследствие ГРП не наблюдалось.

Также следует сделать вывод, что для более детального контроля трещин ГРП необходимо более точное математическое моделирование, а также использование различных программных обеспечений, которые позволят провести данное моделирование.

Библиографический список:

1. Обоснование технологии гидравлического разрыва пласта на примере Приобского нефтяного месторождения (ХМАО)/ Очиров Биликто Бадмажапович // М: Томский Политехнический Университет, 2019, 131 с.
2. Расчеты в добыче нефти/ И.Т. Мищенко// М: Москва, Недра, 1989, 248 с.
3. Введение в механику разрушения/ Ю. Н. Работнов// М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 80 с.
4. Analytical interpretation of hydraulic fracturing initiation pressure and breakdown pressure/ Feipeng Wu, De Li, Xianzhang Fan, Jing Liu, Xiaojun Li// М: Journal of Natural Gas Science and Engineering Volume 76, 2020, 13 с.
5. Соппротивление материалов: Учебное пособие/ Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. // М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 560 с.

Выбор системы разработки скважинами с горизонтальными окончаниями для газонефтяной залежи с подстилающей водой

Шагиахметов А.М., Смирнов В.А., Ющенко С.С.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Как известно, все больше запасов нефти относится к трудноизвлекаемым запасам. Пласты с низкой проницаемостью, небольшой толщиной, трещиновато-пористые пласты с развитой вертикальной трещиноватостью целесообразно разрабатывать горизонтальными скважинами (ГС) ввиду высокой технико-экономической эффективности их применения.

Проблема притока жидкости и газа к ГС является более сложной в сравнении с вертикальными скважинами (ВС) вследствие неоднородности характера линий тока в области дренирования, что требует тщательного анализа и изучения вопроса. При этом одной из основных задач является обоснование рациональной геометрии области дренирования, т.е. оптимизация сетки размещения ГС [1], а также нахождение оптимальной длины горизонтального участка ствола, определяемого применяемым при бурении оборудованием, конструкцией скважины и, несомненно, характеристиками пласта и пластового флюида.

Для газонефтяной залежи важное влияние оказывает оптимальное местоположение горизонтального участка в пласте с точки зрения наибольшей безводной и безгазовой добычи нефти. Для наибольшего безводного и безгазового периода работы скважины и, как следствие, наибольшей безводной и безгазовой нефтеотдачи в удельном объеме дренирования необходимо определить оптимальную точку входа горизонтального участка в продуктивный горизонт, чтобы обеспечить изоляцию зон осложнений непосредственно над продуктивным объектом или под ним и исключить конусообразование.

В рамках данной работы был проанализирован один из объектов нефтегазоконденсатного месторождения Западной Сибири. Параметры залежи представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры рассматриваемой залежи

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Вязкость нефти, мПа·с	0,57	Коэффициент анизотропии, д.ед.	2
Средняя проницаемость, мД	20,8	Пористость, д. ед.	0,17
Начальная нефтенасыщенность, д.ед.	0,6	Вязкость воды, мПа·с	0,484
Конечная нефтенасыщенность, д.ед.	0,25	Газонасыщенная толщина	6,7
Тип коллектора	терригенный	Нефтенасыщенная толщина, м	20,3

Согласно методике, описанной ранее в работе [3], определены основные оптимальные параметры сетки горизонтальных скважин для газонефтяной залежи с низкой проницаемостью и небольшим коэффициентом анизотропии. Длина элемента разработки составила $L_x = 1800$ м, ширина элемента разработки $L_y = 450$ м, Длина горизонтального участка $L = 1500$ м.

В работе [1] предложена методика определения оптимального положения точки начала горизонтального ствола для предотвращения конусообразования газа и воды с использованием графического метода, которая основана на точном аналитическом решении для потенциала точечного стока.

Положение ствола ГС в разрезе залежи определяется параметром размещения ρ^* и отношением разности плотностей вытесняемого и вытесняющих флюидов $\Delta\gamma_1/\Delta\gamma_2$:

$$\rho^* = \frac{L_y}{\pi \cdot \sqrt{k_h/k_v} \cdot h_0}, \quad (1)$$

где $\sqrt{k_h/k_v}$ – коэффициент анизотропии, д.ед.; h_0 – средняя мощность пласта от ГНК до ВНК, м.

$$\Delta\gamma_1/\Delta\gamma_2 = \frac{\rho_B - \rho_H}{\rho_H - \rho_G}, \quad (2)$$

где ρ_B, ρ_H, ρ_G – плотности воды, нефти и газа в пластовых условиях соответственно, кг/м³.

Для условий пласта плотности воды, нефти и газа составляют 1001, 720 и 160 кг/м³ соответственно. Тогда по формуле (2):

$$\Delta\gamma_1/\Delta\gamma_2 = \frac{1001 - 720}{720 - 160} = 0,502.$$

Параметр размещения по формуле (1):

$$\rho^* = \frac{225}{\pi \cdot 3 \cdot 27} = 0,884.$$

По палеткам Брехунова $\Delta\gamma_1/\Delta\gamma_2 = f(\eta, \rho^*)$, представленным на рисунке 1, получаем значение оптимальной ординаты положения горизонтальной скважины $\eta = 0,43$.

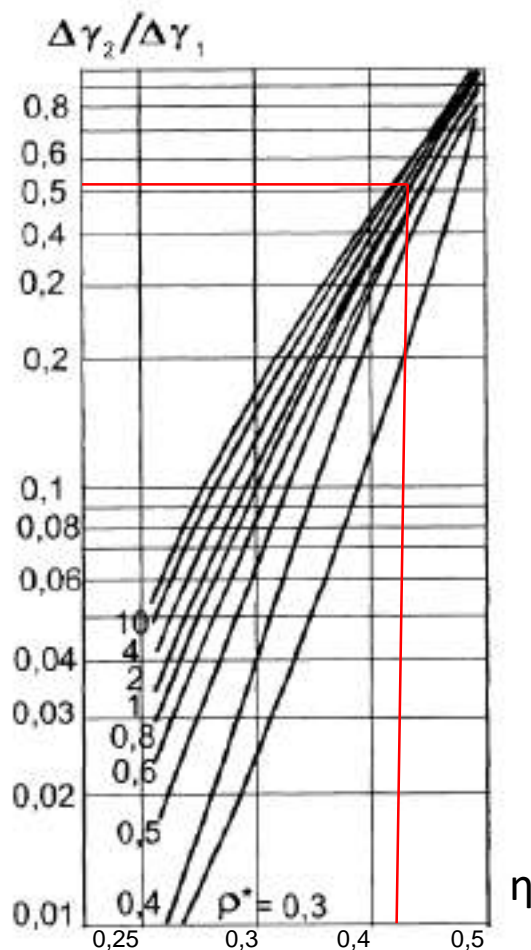


Рисунок 1 – Зависимость оптимальной ординаты точечного стока от отношения $f(\eta, \rho^*) = \Delta\gamma_1/\Delta\gamma_2$ [1]

Ствол горизонтальной скважины будет находиться на расстоянии от ВНК:

$$h_{ГС} = h_0 \cdot \eta = 27 \cdot 0,43 = 11,6 \text{ м}$$

Благодаря использованию данной методики можно определить оптимальное расположение ГС, ограничивающее преждевременный прорыв воды и газа к скважине и, тем самым, повышающее эффективность разработки объекта.

Для дальнейших расчетов найдем удельный параметр дебита ГС q_1 , определяемый методом интерполяции по зависимости $q_1 = f(\eta, \rho^*)$. Семейство графиков, представленное на рисунке 2, построено в полулогарифмических координатах.

Удельный безразмерный дебит нефти равен $q_1 = 0,085$. Определяем предельный безгазовый дебит $Q_{пр}$ по формуле:

$$Q_{пр} = q_1 \frac{\pi k \Delta \gamma_1 g h_0 L}{2 \mu} \quad (3)$$

$$Q_{пр} = 0,085 \frac{\pi \cdot 20,8 \cdot 10^{-15} \cdot (1001 - 160) \cdot 9,81 \cdot 27 \cdot 1500}{2 \cdot 0,57 \cdot 10^{-3}} \cdot 86400 = 140,99 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Таким образом, для обеспечения безводного и безгазового дебита максимальный срок необходимо поддерживать дебит ГС на уровне $141 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Данное значение является низким с учетом длины ГУ и может не отвечать условию рентабельной разработки объекта. Поэтому рассмотрим применение барьерного заводнения.

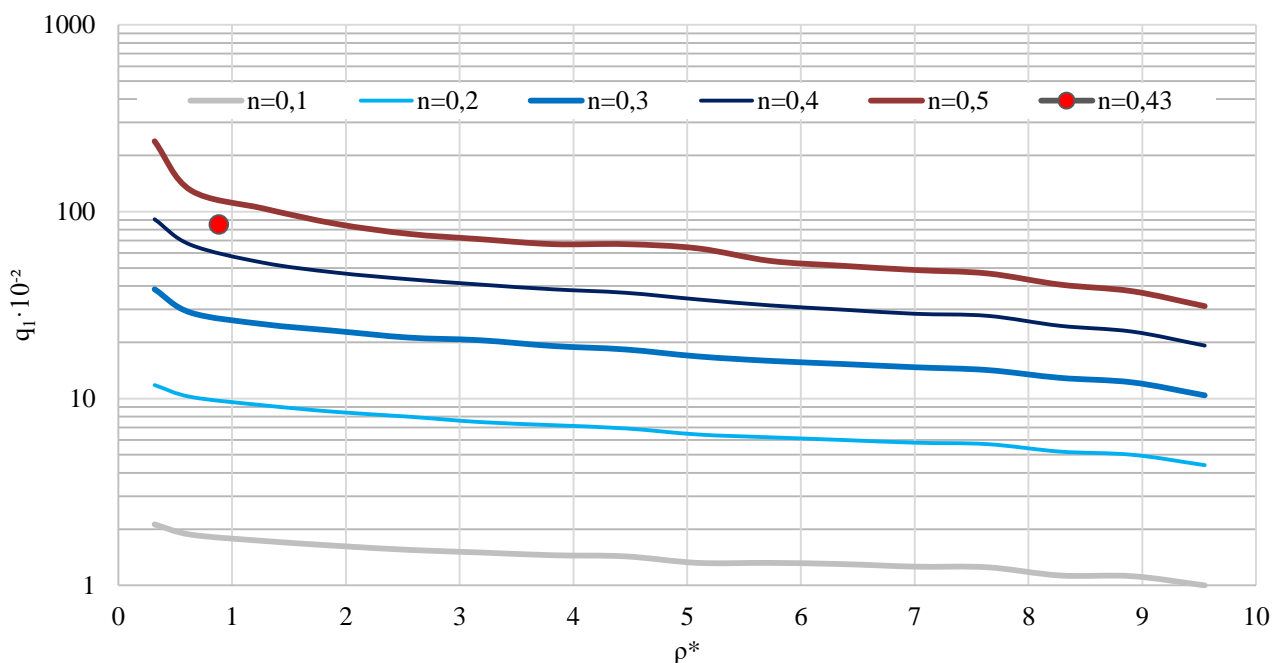


Рисунок 2 – Зависимость $q_1 = f(\eta, \rho^*)$

Приведем график относительных фазовых проницаемостей (ОФП) по газу и воде в зависимости от водонасыщенности пласта (рис. 3).

Для предотвращения подтягивания конуса газа в нефтяную часть залежи необходимо снизить ОФП газа на газонефтяном контакте (ГНК) увеличением водонасыщенности в зоне разделения залежи на нефтяную и газовую части.

При увеличении водонасыщенности в зоне ГНК с 0,4 до 0,56 фазовая проницаемость по газу будет уменьшаться с 0,63 до 0,22, при этом фазовая проницаемость по воде по-прежнему будет оставаться равной нулю. Значит, для создания водного барьера на границе ГНК требуется закачать объем воды, который увеличит содержание воды в этой части пласта на 16% от объема свободных пор.

Запасы газа в газовой шапке в пластовых условиях определяются с помощью объемного метода:

$$G_{гш пл} = S_r h_r m (1 - S_{св}), \quad (4)$$

где S_r – площадь ГНК, м^2 ; h_r – средняя мощность газовой шапки, м; $S_{св}$ – остаточная водонасыщенность, д.ед.; m – пористость, д.ед.

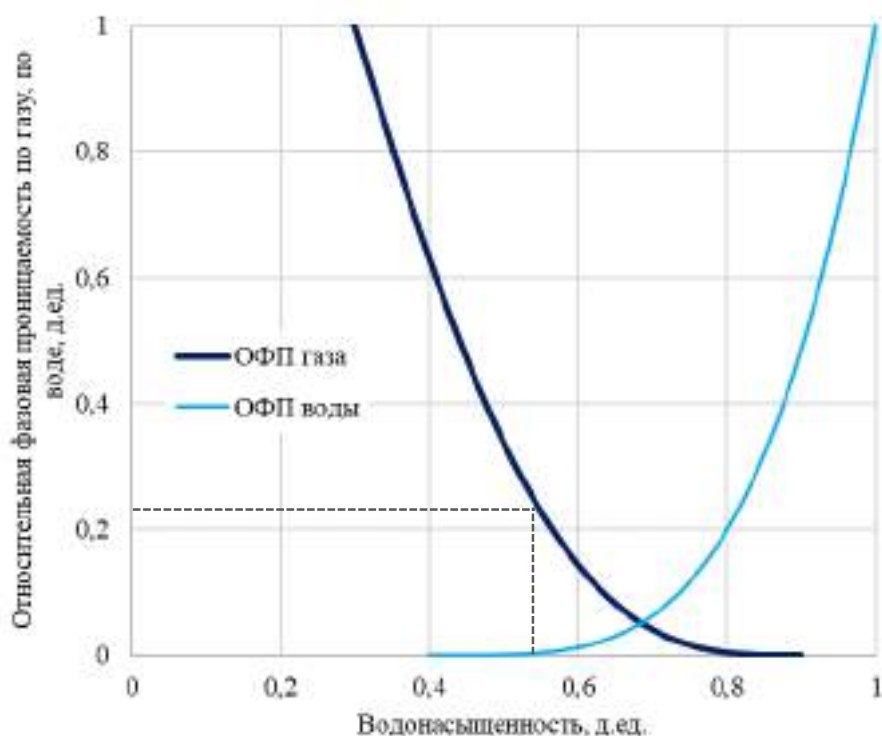


Рисунок 3 – График ОФП по газу и воде

Для перевода запасов газа из пластовых условий в поверхностные (стандартные) условия воспользуемся объемным коэффициентом. При этом для рассматриваемой залежи объемный коэффициент найден с помощью графиков Брауна-Катца для данного компонентного состава газа, величина составила 220,16.

Коэффициент извлечения газа (КИГ) при вытеснении водой составляет порядка 85%, тогда начальные балансовые запасы составят 0,85 от запасов газа в стандартных условиях.

Темп отбора газа из газовой шапки принимается равным 15% в год. Компенсация отбора закачкой воды должна составлять 105–110% ввиду возможных потерь.

Расчетные параметры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные параметры барьерного заводнения

Параметр	Ед. измерения	Значение
Запасы газа в газовой шапке в пластовых условиях	млрд м ³	0,0547
Запасы газа в газовой шапке в стандартных условиях	млрд м ³	12,0368
Объемный коэффициент	д.ед.	220,16
КИГ	%	85
Начальные балансовые запасы	млрд м ³	10,2313
Темп отбора газа	% в год	15
Готовой отбор газа в стандартных условиях	млрд м ³ /год	1,5347
Годовой темп нагнетания воды в зону ГНК	млн м ³ /год	7,3192

Число нагнетательных скважин в барьерном ряду определяем исходя из отношения объемов годовой закачки воды и произведению приемистости нагнетательных скважин (1720 м³/сут) на количество дней в году и составит 12 ед.

Таким образом, для рассмотрения взяты два варианта разработки выбранного объекта. Первый вариант заключается в обеспечении безгазового дебита посредством расположения скважины на оптимальном расстоянии 11,6 м от ВНК и ограничения дебита скважины 141 м³/сут. Второй вариант подразумевает использование барьерного заводнения в зоне ГНК с применением 12 нагнетательных ГС в течение ≈1,5 года. В то же время для сокращения

проектного срока разработки залежи одновременно с проведением барьерного заводнения предлагается начало эксплуатации первой очереди добывающих ГС, расположенных за пределами ГНК. Производительность ГС в данном варианте была рассчитана по формуле Бердина [2] и равна 580 м³/сут.

Для сравнения двух методов разработки применим способ, описанный в работе [3]. Он заключается в применении методики Баклея-Лаверетта с учетом оценки времени безводной добычи по конусу подтягиваемой воды к ГС, так как при оценке без данной модификации не учитывается увеличение контакта скважины с пластом и снижается время безводной добычи.

Соответственно, рассчитаем объемы подтягиваемого языка воды для обоих вариантов по формулам:

$$V_h = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot L_y \cdot h_n \cdot L \cdot m \cdot \Delta S + \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_c^2 \cdot h_n \cdot m \cdot \Delta S \quad (5)$$

$$R_c = \sqrt{\frac{(L_x - L) \cdot L_y}{2 \cdot \pi}} \quad (6)$$

где h_n – расстояние от ГС до ВНК, м; ΔS – разность начальной и конечной нефтенасыщенности, д.ед.

Тогда для первого варианта разработки расположение ГС в разрезе пласта ближе к ВНК уменьшает объем подтягиваемого языка воды, его высота будет составлять $h_{гс}$ и объем языка воды составит 390 тыс. м³. Во втором случае скважина будет расположена в середине нефтенасыщенного интервала и объем языка воды составит 455 тыс. м³. Тогда безводное время добычи для первого и второго вариантов будут равны соответственно $\approx 15,3$ и $\approx 4,3$ года. Расчет производился до критической обводненности 99%. По итогам расчета КИН для первого варианта по объекту составил 21,4, время разработки 93 года, по второму варианту 24,8%, время разработки 31 год.

В рамках работы было рассмотрено применение методики определения оптимального расположения горизонтальной скважины от ВНК и ГВК для обеспечения максимального безводного и безгазового дебита и определены основные параметры разработки объекта. Для сравнения был выполнен расчет второго варианта с барьерным заводнением. По итогам расчетов можно сказать, что с точки зрения нефтеизвлечения второй вариант является более привлекательным. Также время разработки меньше в 3 раза по сравнению с вариантом оптимального расположения ГС из-за отсутствия ограничения по дебиту.

Для более полной оценки технико-экономической эффективности была рассчитана дисконтированная накопленная добыча нефти со ставкой дисконтирования в 15%. В первом варианте дисконтированная добыча составила 13,2 млн т нефти, во втором 29,48 млн т нефти. Исходя из данной оценки можно сделать предположение о более эффективном применении барьерного заводнения. Однако однозначные выводы требуют более детальной проработки ввиду того, что, несмотря на идентичность сетки расположения скважин, в варианте с барьерным заводнением будут дополнительные капитальные затраты на обустройство месторождения из-за более высокой полки добычи по нефти и жидкости, а также из-за бурения дополнительных 12 ГС для создания водяного барьера.

Библиографический список:

1. Брехунов А.М. Развитие теории фильтрации жидкости и газа к горизонтальным стволам скважин / А.М. Брехунов, А.П. Телков, В.К. Федорцов // Тюмень: ОАО «СибНАЦ». – 2004. – 290 с.
2. Бердин Т.Г. Проектирование разработки нефтегазовых месторождений системами горизонтальных скважин. – М.:ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 199 с.
3. Хасанов М.М. Обоснование систем разработки и их технологических параметров в условиях выработки трудноизвлекаемых запасов нефтегазоконденсатного месторождения / М.М. Хасанов, А.М. Шагиахметов, Д.Е. Осадчий, В.А. Смирнов // Нефтяное хозяйство. – №12. – 2021. – С. 39-43

Разработка технологических параметров при вибрационной обработке скважин нефтяного пласта

Рагимова М.С.¹, Намазова Г.И.¹, Сулейманов Ш.М.², Рзаева Х.Дж.²

*1 - Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджан*

*2 - Научно-исследовательский институт «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»,
г. Баку, Азербайджан*

При работе скважинного забойного вибратора на колонну насосно-компрессорных труб действуют силы тяжести колонны лифтовых труб и забойного вибратора и сила упругости материала колонны лифтовых насосно-компрессорных труб. Когда определяется динамическое напряжение колонны лифтовых труб, тогда можно пренебречь этими силами и в качестве уравнения колебания колонны лифтовых труб и можно рассматривать дифференциальное уравнение свободного колебания струны, то есть:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Принимая в качестве начала системы координат место соединения забойного вибратора с колонной лифтовых труб, ось абсцисс Ox нужно направить к устью скважины и считая, что на устье скважины не действует сила сцепления, решение уравнения (1) можно искать при следующих граничных условиях:

$$U(x, t)|_{x=0} = 0, \quad (2)$$

$$ES_n \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = F_0 \sin \omega t, \quad (3)$$

здесь $U(x, t)$ – упругое продольное перемещение; E – модуль упругости материала лифтовых насосно-компрессорных труб; x – координата; t – время; S_T – площадь кольцевого сечения труб; l – длина колонны труб глубина спуска забойного вибратора; F_0 – амплитуда силы, действующей на поверхность поршня забойного вибратора; ρ_T – линейная плотность труб; ω – циклическая частота.

$$a^2 = \frac{F_0}{\rho_T}.$$

Так как процесс периодически повторяется, тогда решение задачи (3)-(5) будем искать в виде решения задачи без начальных условий.

Принимаем метод разделения переменной, т.е. метод Фурье, определяем, что решение уравнения (3) можно искать так:

$$U(x, t) = \left(A \cos \frac{\omega}{a} x + B \sin \frac{\omega}{a} x \right) (C \cos \omega t + D \sin \omega t). \quad (4)$$

Учитываем условия (3), (4), получаем:

$$U(t, 0) = A(C \cos \omega t + D \sin \omega t) = 0. \quad (5)$$

Отсюда получаем:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = B \frac{\omega}{a} (C \cos \omega t + D \sin \omega t) = \frac{F_0}{EA_1} \sin \omega t. \quad (6)$$

Ввиду того, что $U(t, x) \neq 0$ за период работы забойного вибратора, исходя из выражений (2) и (4):

$$A = 0. \quad (7)$$

Из выражения (5) имеем:

$$B \cdot B = 0 \text{ и } B \cdot D = \frac{F_0 a}{EA_1 \omega}. \quad (8)$$

Ввиду того, что значения величин A и B одновременно не могут превратиться в нуль, так как при этом $U(t, x) = 0$, исходя из выражения (7) $B = 0$.

Таким образом, решением задачи (1)-(3) будет:

$$U(t, x) = \frac{F_0 a}{EA_1 \omega} \sin \frac{\omega}{a} x \sin \omega t. \quad (9)$$

Из выражения (8) выходит, что если бы на устье скважины колонна лифтовых труб не была бы закреплена, то будем иметь:

$$U(t, l) = \frac{F_0 a}{EA_1 \omega} \sin \frac{\omega}{a} l \sin \omega t. \quad (10)$$

Значение динамического напряжения в колонне лифтовых труб определяется из следующего выражения:

$$\sigma(t, x) = E \frac{\partial U(t, x)}{\partial x} = \frac{F_0}{S_t} \cos \frac{\omega}{a} x \sin \omega t. \quad (11)$$

В таком случае на устье скважины при $x = l$, будет:

$$\sigma(t, l) = \frac{F_0}{S_t} \cos \frac{\omega}{a} l \sin \omega t. \quad (12)$$

В точке скрепления забойного вибратора, при $x = 0$, имеем:

$$\sigma(t, 0) = \frac{F_0}{S_t} \sin \omega t. \quad (13)$$

Из выражений (10) и (12) выходит, что когда забойный вибратор работает, динамическое напряжение, создаваемое вибратором в колонне лифтовых труб, со временем удаления от точки скрепления вибратора уменьшается, и на устье скважины принимает наименьшее значение.

На устье скважины при $x = l$, будем иметь:

$$\sigma_{\max}(t, l) = \frac{F_0}{S_t} \cos \frac{\omega}{a} l. \quad (14)$$

В точке скрепления забойного вибратора при $x = 0$, будет:

$$\sigma_{\max}(t, 0) = \frac{F_0}{S_t}. \quad (15)$$

Из выражений (13) и (14) выходит, что на промысловой практике для обеспечения устойчивости конструкции, связанной с выбором геометрических размеров забойного вибратора, в качестве максимального динамического напряжения, возникаемого в колонне лифтовых труб, нужно пользоваться такими значениями, которые получаются в результате вычисления формулой (14).

Скажем, что при спуске поршня забойного вибратора на расстояние h (амплитуда колебания поршня вибратора) давление рабочей жидкости (в связи с открытием боковых окон забойного вибратора) уменьшается от значения P_0 до значения P_1 ($P_0 > P_1$), тогда уменьшается также динамическое напряжение колонны лифтовых насосно-компрессорных труб. По этой причине, поскольку процесс периодически повторяется, то для нахождения максимального значения динамического напряжения колонны лифтовых труб достаточно установить её

максимальное значение динамического напряжения лишь только при спуске поршня забойного скважинного вибратора.

Если учтем, что когда забойный вибратор работает, его поршень опускается на глубину h , то $\max F_0 = C \cdot h$, отсюда, в силу работы [2,3,6], получим:

$$\max F_0 = \frac{4P \left(P - \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0 \right) \cdot S_n}{2P - \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0}. \quad (16)$$

Таким образом, из выражений (15) и (16), получим:

$$\sigma_{\max} = \frac{4P \left(P - \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0 \right) \cdot S_n}{\left(2P - \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0 \right) S_T}. \quad (17)$$

Ввиду того, что при подъеме поршня вверх за счет силы сжатия пружины давление рабочей жидкости при открытии выбросных окон уменьшается, также уменьшается динамическое напряжение в колонне лифтовых насосно-компрессорных труб, то есть:

$$\sigma_{\max} = \frac{4P \left(P - \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0 \right) \cdot S_n}{\left(2P + \rho \frac{Q}{S_n} \cdot C_0 \right) S_T}. \quad (16)$$

Выводы:

1. Сравнение экспериментальных и теоретических данных процесса вибровоздействия по результатам испытаний показало хорошее соответствие (погрешность составляла не более 10%-ов).

2. Проведение вибровоздействия в комплексе с другими методами повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти значительно увеличивает эффективность мероприятий.

3. С целью проверки результатов применения способа вибровоздействия на ПЗП-а по каждой скважине рекомендуем определить величину скин-эффекта восстановления и падения давления.

Библиографический список:

1. Воскресенский Ф.А. Скважинный вибратор. Атор.св.№295868, Бюллетень изобр., №8, 1971 г.
2. Виноградов Г.В., Яновский Ю.Г., Гадиев С.М., Рабинович Е.З. Влияние вибрационного воздействия на вязкоупругие свойства. Мангышлакских нефтей. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, №3, 1980 г.
3. Валиуллин А.В. Совершенствование вибровоздействия на призабойную зону скважин для повышения приемистости нагнетательных скважин. Автореферат к.т.н. Тюмень-1984 г., стр.20
4. Валиуллин А.В. Виброобработка призабойной зоны пласта ТатНИПИнефть, Нефтяник №2, 1975
5. Бахитев Г.Г., Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Термодинамика призабойной зоны нефтяного пласта. М.: Недра, 1978 г.
6. Везиров Д.Ш., Музаффаров Г.Э., Залов И.Д. Влияние вибровоздействия на плотность и вязкость нефтей. Труды ИПГНГМ, Баку, 1992 г.
7. Везиров Д.Ш., Стреков А.С., Музаффаров Г.Э., Залов И.Д. Влияние вибровоздействия на реологические характеристики нефтей. Известия АНА, серия «Наука о Земле», №2, 1998г.

Выбор и установление технологического режима эксплуатации газовых скважин

Маммадова Г.Г.

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан*

Под технологическим режимом эксплуатации газовых скважин подразумеваются условия, при которых обеспечиваются наибольшие дебиты газа и конденсата с учетом их ограничивающих факторов.

Эти условия, называемые технологическим режимом скважины, различны в зависимости от геолого-эксплуатационных характеристик каждого месторождения, свойств газа, конденсата и воды, условий подачи газа и конденсата потребителям, а также от заданных кондиций газа.

Например, при слабосцементированных продуктивных пластах, следует соблюдать условие постоянства допустимого градиента давления на стенке скважины. Действительно, при движении газа к забоям скважины силой, воздействующей на частицы породы, является градиент давления. Значение его выше допустимого приводит к отрыву частиц от скелета и их перемещению на забой. Величины градиентов давлений, в соответствии с кривой его распределения вокруг ствола работающей газовой скважины, будут максимальными на ее стенке.

В связи с этим наиболее слабым местом с точки зрения разрушения пласта является зона, непосредственно прилегающая к стенке скважины. С целью недопущения разрушения призабойной зоны определяют и поддерживают во время эксплуатации скважины условие:

$$\left. \frac{\partial P}{\partial R} \right|_{r=r_c} = const \quad (1)$$

При этом будет обеспечен максимально допустимый дебит газа. Следовательно, при заданном общем отборе газа из месторождения число скважин будет минимальным. Отметим, что в случае справедливости закона Дарси условие, показанное в (1) превращается в условие поддержания постоянной максимально допустимой скорости фильтрации на забое.

В связи с тем, что в реальных пластах соблюдать условие принятое в (1) достаточно сложно, применяют технологический режим эксплуатации скважины при поддержании постоянной максимально допустимой депрессии на забое, т.е.

$$\Delta P = P_k - P_c = const \quad (2)$$

Расчеты показывают, что величины получаемых дебитов при условии критического истечения вместо режима истечения практически не будут отличаться.

В крепких, устойчивых коллекторах соблюдают условие $Q = const$. При поддержании этого условия депрессия на забое будет, естественно, увеличиваться. Однако в данном случае это не опасно, так как коллектор стойкий к разрушению.

При опасности образования конуса подошвенной воды соблюдают условие поддержания безводного дебита, величину которого определяют степенью вскрытия пласта, соотношением коэффициентов проницаемости по горизонтали и вертикали и другими факторами. Как указывалось раньше, для газоконденсатных скважин иногда целесообразно поддерживать условие постоянства забойного давления $P_c = const$, превышающего давление начала конденсации. При необходимости подачи газа определенного давления иногда требуется поддерживать условие постоянства устьевого давления $P_k = const$. Задача, как правило, состоит в том, чтобы исходя из заданного условия, определить изменение по времени дебита или забойного давления. При знании этих параметров несложно рассчитать значения давления и температуры в стволе скважины и газосборных сетях.

Рассмотрим несколько примеров расчета. Общим для всех случаев является то, что уравнение истощения газовой залежи решают совместно с формулой притока газа и избранным

технологическим режимом эксплуатации. Таким образом, изменение давления в газовой залежи определяют из уравнения материального баланса:

$$\frac{P_t}{Z_t} = \frac{\frac{P_n}{Z_n} \Omega_n - \frac{P_{at} T_{nl}}{T_{cm}} N_t}{\Omega_t} \quad (3)$$

Где P_n и P_{at} – начальное и текущее средневзвешенные давления в залежи; Z_n и Z_t – соответствующие этим давлениям значения коэффициентов сверх сжимаемости газа; Ω_n и Ω_t – начальный и текущий объемы порового пространства залежи (при газовом режиме $\Omega_n = \Omega_t = const$); N – суммарный отбор газа из залежи к моменту времени t . Таким образом, исходя из заданного отбора газа залежи по годам, определяем изменение давления в ней по формуле (3).

Затем, подставляя уравнение притока газа к скважине

$$P_t^2 - P_c^2 = AQ + BQ^2 \quad (4)$$

и соответствующие значения технологического режима эксплуатации скважины определяют изменение во времени дебита и забойного давления скважины. Соответствующие расчетные формулы будут следующими.

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) } \Delta P = P_t - P_c = const \\ \text{б) } \left. \frac{dP}{dR} \right|_{R=r_c} = const \\ \text{в) } Q = const \\ \text{г) } P_c = const \\ \text{д) } P_y = const \end{array} \right\} \quad (5)$$

а) Для поддержания постоянной максимально допустимой депрессии $\Delta P = P_k - P_c = const$ уравнение (5) может быть записано как

$$\Delta P(2P_t - \Delta P) = AQ + BQ^2 \quad (6)$$

Предполагают, что значения коэффициентов A и B , депрессии и соответствующего ей начального дебита Q найдены из результатов исследования скважин. Тогда применение дебита во времени определяют из квадратного уравнения (6)

$$Q_t = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4B\Delta P(2P_t - \Delta P)}}{2B} \quad (7)$$

По формуле (7) находят изменение дебита в зависимости от начального пластового давления в данный момент при условии $\Delta P = const$. Величина Q_t будет снижаться в зависимости от P_t .

б) При поддержании на стенках скважины постоянного максимально допустимого градиента давления

$$\left. \frac{dP}{dR} \right|_{R=r_c} = \psi = A_0 \frac{Q}{P_c} + B_0 \frac{Q^2}{P_c} = const \quad (8)$$

При линейном законе фильтрации

$$\psi = A_0 \frac{Q}{P_0} \text{ или } c = \frac{\psi}{A_0} = \frac{Q}{P_0} = const \quad (9)$$

т.е. это условие постоянства скорости фильтрации на забое скважины. Значения A_0 и B_0 отличаются от значений A и B , их находят из соотношений:

$$A_0 = \frac{A}{2nR_c^2 \left(\ln \frac{R_k}{r_c} + c_1 + \frac{1}{nR_0} \right)} \quad (10)$$

$$B_0 = \frac{B}{2r_c^2 \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)} \left[\frac{\ln \frac{R_k}{r_c}}{\ln \frac{R_k}{r_c} + c_1 + \frac{1}{nR_0}} \right] \quad (11)$$

где n – число перфорационных отверстий на 1 м; R_0 – радиус пулевой каверны (2–3) см.

Формула дает соотношение между дебитом и забойным давлением при поддержании постоянства ψ .

Чтобы определить изменение давления на забое скважины, пользуются формулой

$$P_c = A_0 \frac{Q}{\psi} + B_0 \frac{Q^2}{\psi} \quad (12)$$

Задаваясь значениями дебита, находят соответствующие величины P_c , затем из уравнения материального баланса определяют изменение P_t и строят зависимость $Q - f(P_t)$. При линейном законе

$$P_c = \frac{Q}{c} \quad (13)$$

и тогда изменение дебита определяют по формуле (6) при $B = 0$ с учетом (5)

$$Q_t = \frac{-A + \sqrt{A^2 + \frac{4P_t^2}{c^2}}}{\frac{2}{c^2}} \quad (14)$$

в) При поддержании условия постоянства максимально допустимого дебита $Q = const$ из двучленного закона определяют изменение забойного давления или депрессии во времени:

$$P_c = \sqrt{P_t^2 - AQ - BQ^2} \quad (15)$$

$$\Delta P = P_t - P_c = P_t - \sqrt{P_t^2 - AQ - BQ^2} \quad (16)$$

При поддержании условия $Q = const$ депрессия на забое увеличивается, при достижении максимально допустимой величины необходимо сменить технологический режим эксплуатации скважины и перейти к другому, например $\Delta P = const$ или $P_c = const$.

г) При условии постоянного забойного давления $P_c = const$

$$Q_t = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4B(P_t^2 - P_c^2)}}{2B} \quad (17)$$

д) При режиме постоянного давления на устье скважины $P_y = const$ необходимо решить совместно двучленную формулу и формулу Адамова, связывающую устьевое и забойное давление:

$$P_c^2 = P_y^2 e^{2s} + \theta Q^2 \quad (18)$$

Тогда из двучленной формулы при $P_y = const$ получают

$$Q_t = \frac{\sqrt{A^2 + 4(\theta + B)(P_t^2 - P_c^2)e^{2t}} - A}{2(\theta + B)} \quad (19)$$

При эксплуатации газовых скважин в пластах с подошвенной водой предельные безводные дебиты можно определить по формулам, полученным Б.Б.Лапуком, И.А.Чарным и другими. В практике добычи газа широко применяют метод, предложенный Б.Б.Лапуком. При этом предельный безводный дебит определяют по формуле:

$$Q = \frac{2\pi kh^2 \rho_b \rho_0}{\mu \rho_0} q^* \quad (20)$$

Где h – мощность пласта до зеркала подошвенной воды, ρ_b – плотность пластовой воды $q^* = q^* \left(\bar{h} = \frac{h}{h} \right)$, ρ – безразмерный предельный безводный дебит, являющийся функцией степени вскрытия и анизотропии пласта:

$$\rho = \frac{R_k}{h \sqrt{\frac{k_q}{k_b}}} \quad (21)$$

(k_r/k_b – отношение проницаемостей по горизонтали и вертикали соответственно).

По результатам численного решения задачи построены стандартные графики зависимости $q^* = f(\bar{h}, \rho)$. Таким образом, по графику при заданных значениях \bar{h} и ρ находят q^* . Затем по формуле (20) рассчитывают величину предельного безводного дебита Q . Соответствующему этому дебиту депрессию определяют тогда из выражения:

$$\Delta P = P_c - \sqrt{P_y^2 - AQ - BQ^2} \quad (22)$$

е) При образовании кристаллогидратов в стволе скважины рассчитывают изменение во времени давления и температуры в стволе скважины и соответствующие им дебиты. Полученные давления и температуры сравнивают с равновесными условиями образования кристаллогидратов и находят так называемые безгидратные режимы, т.е. дебиты газа, при которых кристаллогидраты не образуются.

Необходимо отметить, что технологические режимы эксплуатации скважины могут меняться на разных этапах разработки месторождения, так как изменяются факторы, ограничивающие дебиты газовых скважин. Рассмотренные формулы позволяют рассчитывать условия эксплуатации скважины при различных ограничениях.

Выбор технологического режима работы скважин является основным решением, принимаемым при проектировании и эксплуатации. Технологический режим работы зависит от разновидности скважин;

– вертикальная или горизонтальная, а также предопределяет их число, наземного оборудования, а в конечном счете, капиталовложения для освоения месторождения при заданном отборе из залежи. Трудно найти такие проблемы при проектировании, которые имели бы столь многовариантное и субъективное решение, как технологический режим. Часто отсутствуют какие-либо обоснованные критерии, превышение которых было бы не целесообразным.

Сложность вызывает обоснование технологического режима работы горизонтальных скважин, для которого требуется как минимум два главных элемента: результаты специальных исследований, проведенных для обоснования режима работы скважин при стационарных режимах фильтрации; теоретические основы процессов, происходящих в пласте в условиях деформации, разрушения пласта, образования пробки, обводнения подошвенной водой, коррозии и т.д., достоверно описывающие (если это возможно) эти процессы.

Выводы:

1. На основании геолого-промысловых данных морских газоконденсатных месторождений и научно-исследовательских работ можно отметить следующее:

– определены факторы, влияющие на нарушение установленных технологических режимов работы скважин, которые приводят к снижению производительности скважин
– определены причины, приводящие к разрушению призабойной зоны скважин, образованию песчано-жидкостных пробок, обводнению эксплуатационных скважин подошвенной водой, образованию гидратов в стволе скважин и т.д.

2. Предложены модели, которые позволяют определить прогнозные величины дебита

скважин до и после изменения конструкции лифта.

3. На основании применения диагностических критериев показана возможность регулирования режима работы добывающих скважин для увеличения отбора газоконденсатных систем.

Библиографический список:

1. Алиев З.С. и др. Определение оптимальной конструкции горизонтальных газовых скважин. М., Техника, 2001 г.
2. Мирзаджанзаде А.Х., и др. Технология и техника добычи нефти. М., Недра, 1986г.
3. Басниев К.С. и др. Выбор режимов работы горизонтальной скважины. Газовая промышленность. №1-М, 1999г.
4. Требин Ф.А. и др. Добыча природного газа, М., Недра, 1976, стр.215-219
5. Алиев З.С. и др. Технологический режим работы газовых скважин. М., Недра, 1978г., стр.185-188
6. Мамедова Г.Г. Способы ликвидации столба жидкостей, накопившихся на забое газоконденсатных скважин. ВНИИОЭНГ, Научно-технический журнал, Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, №2, 2017г., стр.48-51
7. Салаватов Т.Ш., Мамедова Г.Г. Регулирование режима работы газовых скважин с учетом результатов гидродинамических исследований. ВНИИОЭНГ, Научно-технический журнал, Нефтепромысловое дело. №3, 2020г., стр.36-40

СЕКЦИЯ 13. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.43

Технологии Open Source как основной фактор развития инноваций в области цифровых преобразований

Базарова А.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Подавляющее большинство IT-отделов компаний в мире применяют программное обеспечение на основе открытого кода (open source software, OSS) для особенно значимых IT-нагрузок. Известная исследовательская организация Gartner предоставляет следующий прогноз – более 70% компаний до 2025 г. планируют расширить долю расходов на них. OSS применяется с целью экономии ресурсов, для развития инноваций. Несмотря на это, не всегда специалистами понимается значимость OSS и способы его применения. На рисунке ниже представлены некоторые статистические данные (Рисунок 1) [1]:

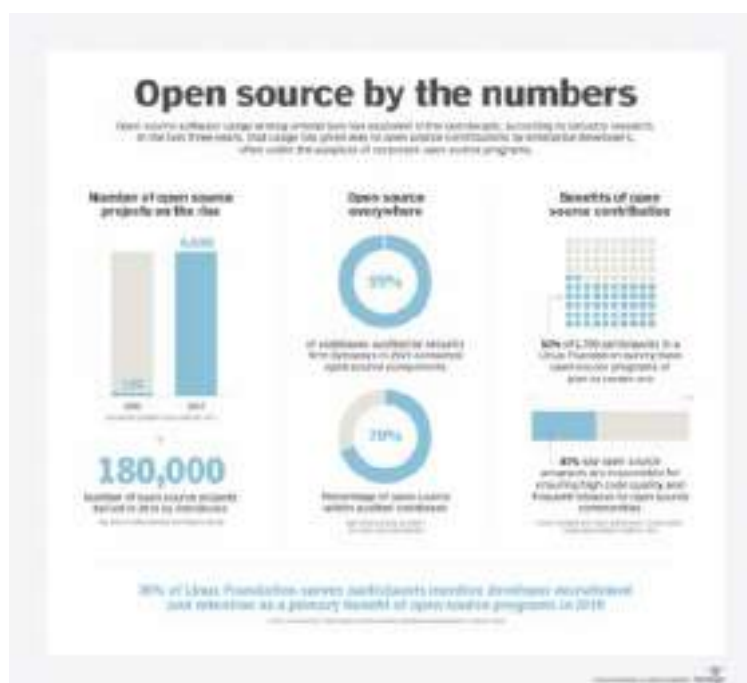


Рисунок 5 - Использование технологий с открытым исходным кодом

В последние годы появилось много заметных и широко используемых лицензионных соглашений о лицензировании ПО с открытым исходным кодом (Рисунок 2) [1]:

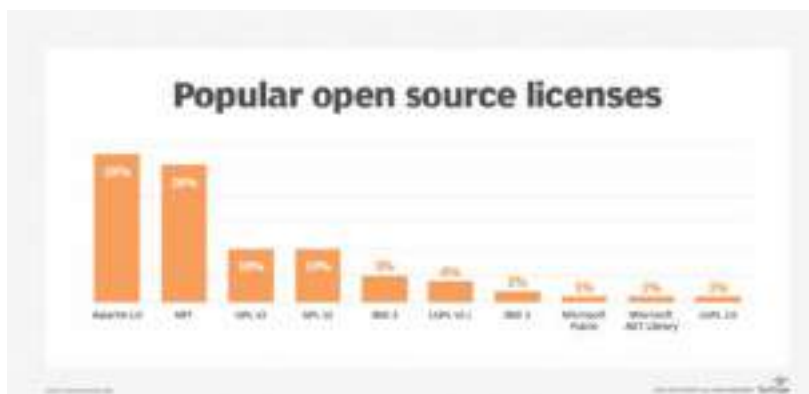


Рисунок 6 - Лицензирование ПО с открытым исходным кодом

OSS используется для различного рода целей, как правило, в первую очередь для создания приложений, инфраструктурного ПО, DevOps, данных и аналитики, в том числе ИИ.

Существует ряд причин, по которым, компания принимает решение касательно применения OSS:

- Экономия – преимущество использования технологий с открытым кодом перед разработанными собственными решениями состоит в удешевлении. Однако, стоит учитывать, что выгодное использование OSS зависит также от сферы управления, навыков специалистов и т.д.;
- Повышение гибкости - основные достоинства - доступ к исходному коду, возможность выбора из нескольких коммерческих поставщиков, свобода в использовании кода, его настройка;
- Работа с талантливыми бюджетными специалистами – использование OSS привлекает работников, которые желают быть вовлеченными в инновационные проекты, но не ориентированы на высокую оплату своего труда;
- Инновационность – данная модель наиболее открыта для инноваций в современной экономике.

Несомненно, существуют некоторые риски, сопряженные с использованием открытого кода:

- технические риски (безопасность);
- юридические риски (лицензии, интеллектуальная собственность);
- риски безопасности (некачественная поддержка (ее отсутствие) из-за нулевой стоимости приобретения)

В любом случае риски должны оцениваться в сравнении с пороговыми значениями, сценариями развития, прогнозами. Возникает потребность в разработке выверенных стандартов, практики в сфере управления рисками.

Отмечается, что за последние годы использование ПО с открытым исходным кодом стремительно растет. Согласно статистическим данным, предполагается, что масштабы мирового рынка предоставления услуг такого типа достигнут 50 млрд долларов к 2026 году.

В связи с этим в рамках данной статьи актуально исследование современных трендов в области open-source, получивших наибольшую популярность в 2021 году.

Несомненно, стремительно растет потребность в талантливых специалистах в сфере использования технологий с открытым исходным кодом. Несмотря на то, что в связи с пандемией в последние три года мир начал массовый переход к цифровой трансформации на базе использования облачных технологий, актуальной остается вопрос поиска компетентных технических специалистов.

По данным аналитического отчета Linux Foundation и edX от сентября 2021, подавляющее большинство специалистов в области hr (97% респондентов) отмечают, что набор специалистов по работе с технологиями на базе открытого исходного кода становится все более актуальным; половина опрошенных утверждают, что в текущем году ориентированы на увеличение доли таких сотрудников. Половина опрошенных hr-специалистов отмечают присутствие органического роста подобных талантливых специалистов в компаниях.

В отчете указано, что подавляющее большинство hr-специалистов (92% респондентов) отмечают, что в ходе поиска такого персонала появляются проблемы. Имея соответствующий сертификат, подтверждающий квалификацию, найти специалиста намного проще [2].

Стоит отметить, что язык программирования Javascript актуален в связи с присущей ему гибкости и удобству, при этом для другого популярного языка программирования Python характерны высокая эффективность и скорость выполнения задач, относительная простота в его изучении.

Согласно последнему отчету, опубликованному от лица Github State of the Octoverse, в рамках которого исследуются код и сообщества, сформированные на данном веб-сервисе, язык программирования Javascript по результатам исследования занимает первую строчку. Наряду с этим, языки Python и Java оказались менее популярными. Также на данном графике отражено, что язык Typescript занял четвертую строчку, а язык C# - пятое место (Рисунок 3) [3].

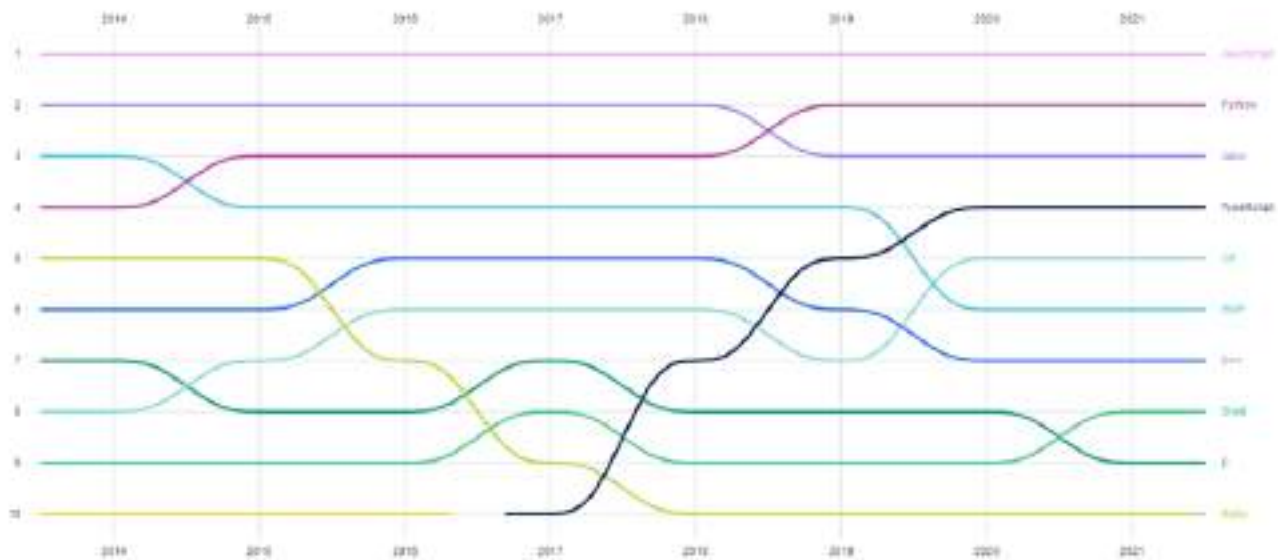


Рисунок 7 - Топ-языков согласно отчету Github State of the Octoverse

Согласно статистическим данным еще одного отчета, выпущенного в июле прошлого года, в репозитории npm было доступно более 1 800 тысяч пакетов JavaScript (Рисунок 4) [4].

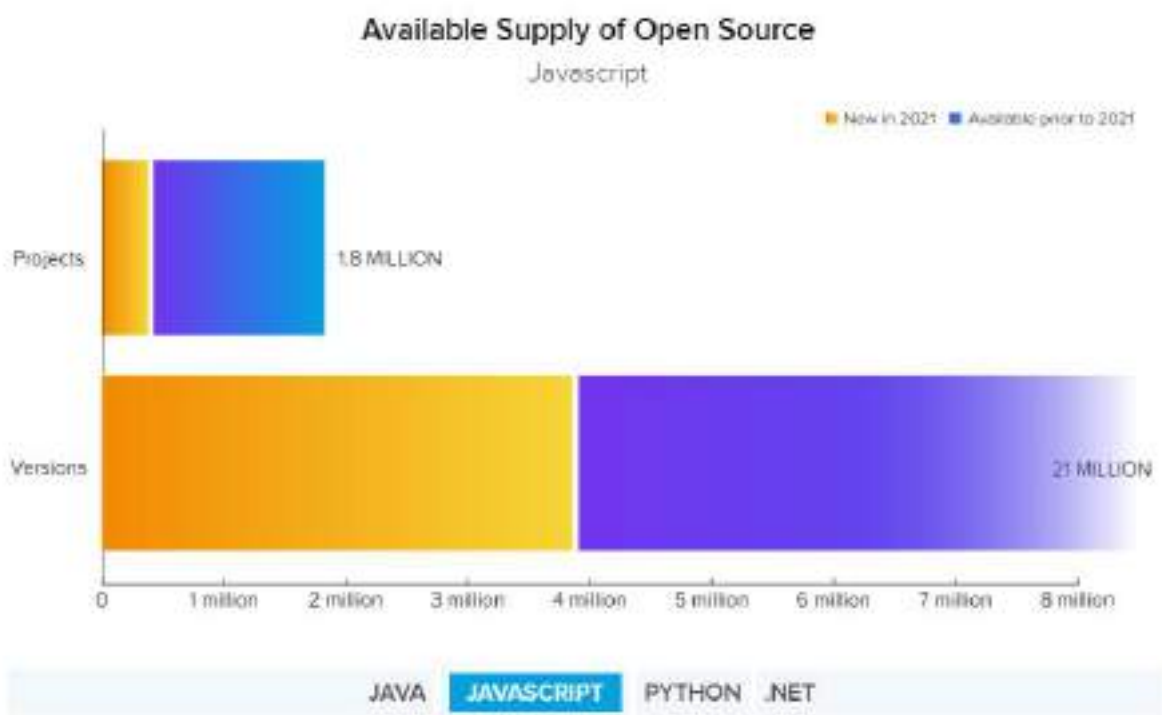


Рисунок 8 - Доступность пакетов JavaScript

Включение инновационных технологий и техник с открытым исходным кодом в предпринимательстве в современном мире является не просто одним из вариантов его развития, а обязательным пунктом. Применение данных технологий предоставляет возможности, которые могут стать ключевыми для преобразования бизнеса: роста экономических показателей, повышение гибкости по отношению к бизнес-среде, усиление безопасности, экономия и т.д. Масштабные мировые организации уже в полной мере используют широкие возможности использования технологий открытого кода, постоянно финансово вкладываясь в них, примером чего могут быть следующие актуальные события прошлого года:

- Транснациональная компания Meta открыла бесплатную библиотеку Oracus с

открытым исходным кодом, дающую возможность обучать модели с дифференциальной конфиденциальностью. Oрасус реализует обучение моделей с незначительными трансформациями кода, оказывает минимальное влияние на уровень эффективности данного обучения и дает возможность для клиента напрямую отслеживать данный процесс. Компания, помимо этого, открыла специальную платформу для создания моделей с открытым исходным кодом Habitat 2.0.

- Известная компания-разработчик Salesforce в 2021 году представила модель машинного обучения CodeT5, способную понимать и реализовывать код в режиме реального времени. Это унифицированная модель преобразователя с предварительным обучением, которая эффективно использует семантику кода, передаваемую из идентификаторов, назначенных разработчиком.

- Технологический стартап Hugging Face, занимающий центральное положение в сфере NLP с использованием открытого исходного кода, представил библиотеку с открытым исходным кодом Optimum, который представляет собой ряд инструментов для реализации преобразования производительности, с целью реализации наиболее эффективного обучения моделей на целевом оборудовании.

- Компания, занимающаяся разработками в области искусственного интеллекта DeepMind обнародовала исходный код AlphaFold 2.0 спустя два года после прорыва первой версии. Он представляет собой алгоритм, предсказывающий структуру белков по последовательности, что является фундаментальным открытием для науки – по сути, ими решена задача 50-летней давности (Рисунок 5).

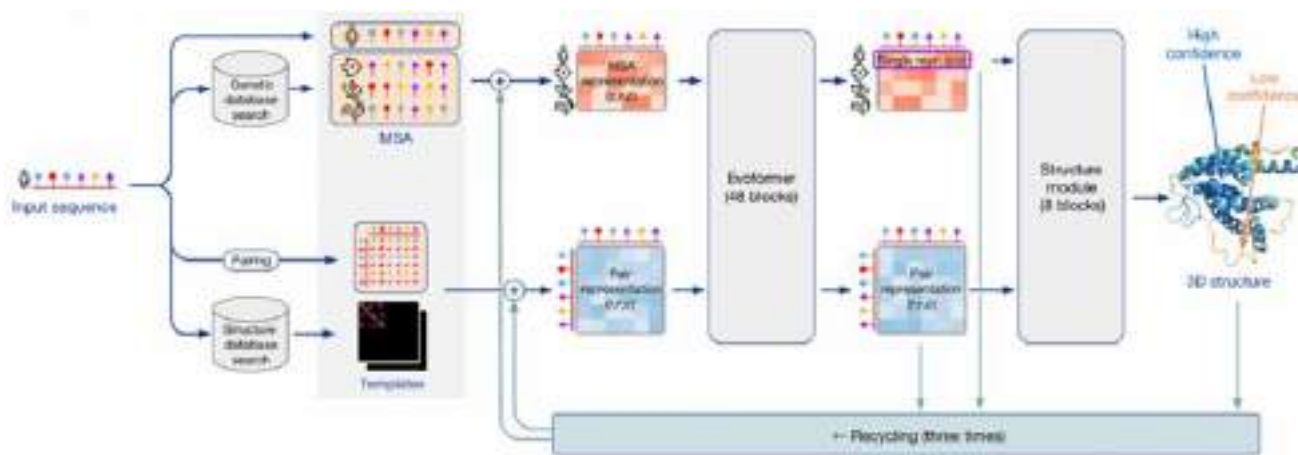


Рисунок 9 - Конвейер работы AlphaFold 2.0

Еще одно достижение, значимое для науки - порядка 12 000 разработчиков со всего мира написали код на GitHub для программного обеспечения отправленного на Марс вертолета Ingenuity, который использует встроенный дистрибутив Linux на навигационном компьютере. Большая доля ПО создана на языке C++ с применением сформированного JPL фреймворка управления полетом F Prime (F') с открытым исходным кодом. В целом перечень софта, использованного JPL для этого вертолётa огромен - порядка 60 проектов на GitHub.

Несомненно, в ближайшем будущем мы станем свидетелями повсеместного использования технологий открытого кода и основанных на них прорывных решений.

Библиографический список:

1. Официальный сайт TechTarget. Режим доступа: <https://whatis.techtarget.com/definition/open-source>
2. edX and The Linux Foundation Release 2021 Open Source Jobs Report. Режим доступа: <https://press.edx.org/edx-and-linux-foundation-release-2021-open-source-jobs-report>
3. Github State of the Octoverse Report. Режим доступа: <https://octoverse.github.com/>
4. Sonatype State of the Software Supply Chain 2021 Report. Режим доступа: <https://www.sonatype.com/resources/state-of-the-software-supply-chain-2021>

Разработка мобильного приложения «Технический осмотр общего имущества многоквартирного дома»

Бажукова Д.П.

Научный руководитель – Кожевникова П.В.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

Целью процесса технического осмотра общего имущества многоквартирного дома является установление возможных причин возникновения дефектов и выработка мер по их устранению. В ходе осмотров осуществляется также контроль над использованием и содержанием помещений. Результаты общих обследований состояния жилищного фонда, выполняемых периодически, оформляются актами [2].

Ни для кого не секрет, что с развитием информационных технологий жизнь человека становится проще. Появляется огромное количество приложений с помощью которых можно облегчить работу того или иного сотрудника компании. Автоматизация процесса позволит сотрудникам облегчить сбор и хранение полученной информации в ходе технического осмотра дома, а так же сформировать достоверный акт по окончанию проделанной работы.

Все жители многоквартирных домов в нашей стране обслуживаются управляющими компаниями. В состав каждой управляющей компании входят структурные подразделения - жилищные ремонтно-эксплуатационные участки (далее ЖРЭУ). В перечне многоквартирных домов (МКД) прописаны адреса домов, которые обслуживает определенный участок, исходя из оснований заключения договоров управления. Все услуги и работы, оказываемые ЖРЭУ, делятся на две категории: обязательные и необязательные. За обязательные услуги мы платим ежемесячно. Они включены в графу «ремонт и обслуживание дома» или «за содержание и ремонт жилья». Как пример — промывка отопительной системы или замена лампочек в подъезде. Необязательные — это установка новых отопительных элементов, нестандартной сантехники или пластиковых оконных блоков. Заказывать подобные услуги и оплачивать их — дело сугубо индивидуальное. Обязательные услуги осуществляются с различной периодичностью:

- при подготовке зданий к осенне-зимнему периоду;
- по мере загрязнения, необходимости и частоты использования;
- при подготовке к эксплуатации в весенне-летний период.

Кроме самого регламентированного нормативного объема работ есть еще объем работ, который является ненормируемым. Этот объем работ формируется по результатам проведения осмотров. Осмотры – основной инструмент для управляющих МКД в работе по надлежащему содержанию и ремонту общего имущества собственников в доме. Только обследования помогут составить объективную картину состояния элементов и систем и правильно спланировать ремонтные работы. Осмотры бывают весенние и осенние. Результатом этих осмотров являются акты. Как правило, все материалы про осмотры общего имущества носят общий характер, в шаблоны актов включены все внутридомовые конструктивные элементы и инженерные системы. Акты составляются двусторонние: для представителя здания и специалиста управляющей компании. В акте фиксируются все обнаруженные в ходе осмотра дефекты элементов дома, неисправности. По каждому дефекту в акте фиксируется информация по объёму работ текущего или капитального ремонтов.

Как уже и отмечалось ранее, осмотры домов бывают как весенние, так и осенние. Цель весеннего осмотра общего имущества дома – найти в системе теплоснабжения дома и иных конструктивных элементах дефекты или повреждения, которые могут повлиять на бесперебойную подачу тепла в дом в отопительный сезон. Основной задачей осеннего осмотра конструкций здания является проверка готовности к эксплуатации в зимний период. При этом проводятся два вида проверок: техническая и инженерная.

В процессе осмотра техники и инженеры управляющих организаций заполняют печатные бланки актов, в которые включены все внутридомовые конструктивные элементы и инженерные системы. При выявлении повреждений или неисправностей, в колонке оценки

состояния элемента ставится отметка «неудовлетворительное» и описываются характер дефекта, предполагаемые причины возникновения, место обнаружения, состав работ. Так как все фиксируется в печатном бланке, при обнаружении дефекта, сотрудники в некоторых случаях фотографируют неисправность на свой собственный мобильный телефон для корректного вычисления объема работ и выработки мер по их устранению.

В обязательном порядке, осмотр проводится с необходимым составом комиссии, которая формируется начальником ЖРЭУ. Состав комиссии включает в себя техника ЖРЭУ, инженера ЖРЭУ и начальника ЖРЭУ. Комиссия занимается составлением заключения по результатам осмотра. Так же осмотр здания проводится в присутствии представителя здания. Представитель здания определяется из состава совета здания. Совет здания формируется путем голосования по дому, и может осуществлять свои полномочия несколько лет.

Результатом осмотра здания является акт осмотра, составленный комиссией. Акт состоит из нескольких блоков с информацией:

- о проверке: адрес дома, вид осмотра и дата его проведения;
- о проверяющих: перечень членов комиссии, которые участвовали в осмотре дома, с указанием их должностей;
- о результатах осмотра.

Кроме ранее перечисленных критериев, в акте фиксируется решение о принятии мер, в которое входит срок проведения работ и вид работ. Срок проведения работ всегда ставится на следующий год. Виды работ делятся на несколько категорий:

- капитальный или текущий ремонт, выполняемый обслуживающим предприятием;
- текущий ремонт жилых помещений, выполняемый пользователями жилых помещений за их счет.

На данный момент управляющие компании работают с системой «Управление многоквартирными домами» (далее УМКД). Система является оригинальной разработкой фирмы ООО «Консалт-Информ» и предназначена для автоматизации оперативного и управленческого учета управляющих организаций.

Перечень печатного бланка сформирован в УМКД. Акт оформляется техником после проведения осмотра, перенося вручную данные о состоянии элементов благоустройства в систему. Этот объект не позволяет облегчить оперативную работу сотрудников.

Объектом автоматизации информационной системы «ТОМКД» является процесс технического осмотра общего имущества многоквартирного дома.

В процессе взаимодействуют три сущности: техник, инженер, начальник ЖРЭУ. Так как техник и инженер выполняют одинаковые функции, они были объединены в одну сущность. Рассмотрим функциональную модель «Как есть» в виде диаграммы потоков данных (Рисунок 10).

Технический осмотр МКД начинается с формирования состава комиссии начальником ЖРЭУ на основании информации о сотрудниках подразделения. В ходе проведения процесса техник (инженер) заполняет бланк сезонного осмотра, полученный в офисе, данными о состоянии элементов благоустройства. Акт сезонного осмотра составляется техником (инженером) по приходу в офис с помощью системы УМКД на основании справочной информации о МКД, организации и данных, полученных в ходе осмотра. После чего он утверждается начальником ЖРЭУ.

В процессе изучения предметной области был выявлен ряд проблем:

- большие временные затраты на обработку данных о результатах осмотра;
- высокая вероятность ошибок при формировании актов;
- отсутствие возможности подробного описания выявленных дефектов при помощи фотографий.

Обозначенные позиции говорят об актуальности проблемы технического осмотра МКД. Автоматизация процесса позволит сотрудникам облегчить сбор и хранение полученной информации в ходе технического осмотра дома, а также сформировать достоверный акт по окончании проделанной работы.

В сочетании со всеми вышеизложенными особенностями процесса, было выдвинуто решение по созданию мобильного приложения для техников ЖРЭУ. Целью разработки системы является повышение эффективности управления процессом технического осмотра общего имущества многоквартирного дома, за счет выполнения следующих задач:

- реализация мобильной платформы;
- настройка обмена данными с системой «УМКД»;
- формирование бланка акта осмотра для последующего заполнения;
- возможность загружать ссылку на файл картинки и отображать ее;
- разработка алгоритма изменения статуса актов осмотра;

На основании поставленных целей были выделены основные функции, которые должна выполнять система, а именно:

- предоставлять справочную информации на момент прохождения осмотра;
- отображать, вносить, редактировать и импортировать данные об акте осмотра через удаленное рабочее место;
- загружать, редактировать и импортировать фотографии дефекта;
- добавлять комментарии к фотографиям дефекта;
- отображать список актов осмотра с актуальным статусом;
- взаимодействовать с системой УМКД.

Проанализировав бизнес-процесс, была разработана модель, представляющая, как будет выглядеть процесс технического осмотра общего имущества МКД (Рисунок 11). На данной диаграмме отображены основные процессы технического осмотра и потоки данных, описывающие поведение системы.

Внешними сущностями системы являются:

1) УМКД – отправляет необходимые данные мобильному приложению с помощью веб-сервиса, для формирования электронной формы бланка осмотра, и получается акт осмотра со статусом «В работе»;

2) Техник (инженер) – заполняет электронную форму бланка осмотра данными о состоянии элементов благоустройства, прикрепляет фотографии дефектов с возможным комментарием и формирует акт сезонного осмотра;

3) Начальник ЖРЭУ – просматривает акт сезонного осмотра во время его формирования.

В качестве средства проектирования ИС, был выбран «Visual Paradigm», поскольку он поддерживает разработку всех необходимых видов диаграмм. Мобильное приложение должно быть реализовано с помощью платформы «1С: Предприятие 8» и языка программирования 1С. Для синхронизации мобильного приложения с системой УМКД был настроен веб-сервер Apache, т.к. сама по себе 1С не может выступать в роли веб-сервиса. В качестве СУБД была использована файловая СУБД, которая разработана фирмой «1С» и является частью платформы.

По своей архитектуре система похожа на файловый вариант работы 1С:Предприятия. На мобильном устройстве существует собственная база данных, «внутри» мобильного приложения существует как клиент, обеспечивающий взаимодействие с пользователем, так и сервер, обеспечивающий взаимодействие с базой данных (Рисунок 14).

Мобильное приложение может взаимодействовать с «основным» приложением, установленным в офисе. Но это не онлайн взаимодействие, а периодический обмен данными. Основная работа в мобильном приложении ведется в оффлайн-режиме. А при появлении интернет-соединения выполняется синхронизация данных.

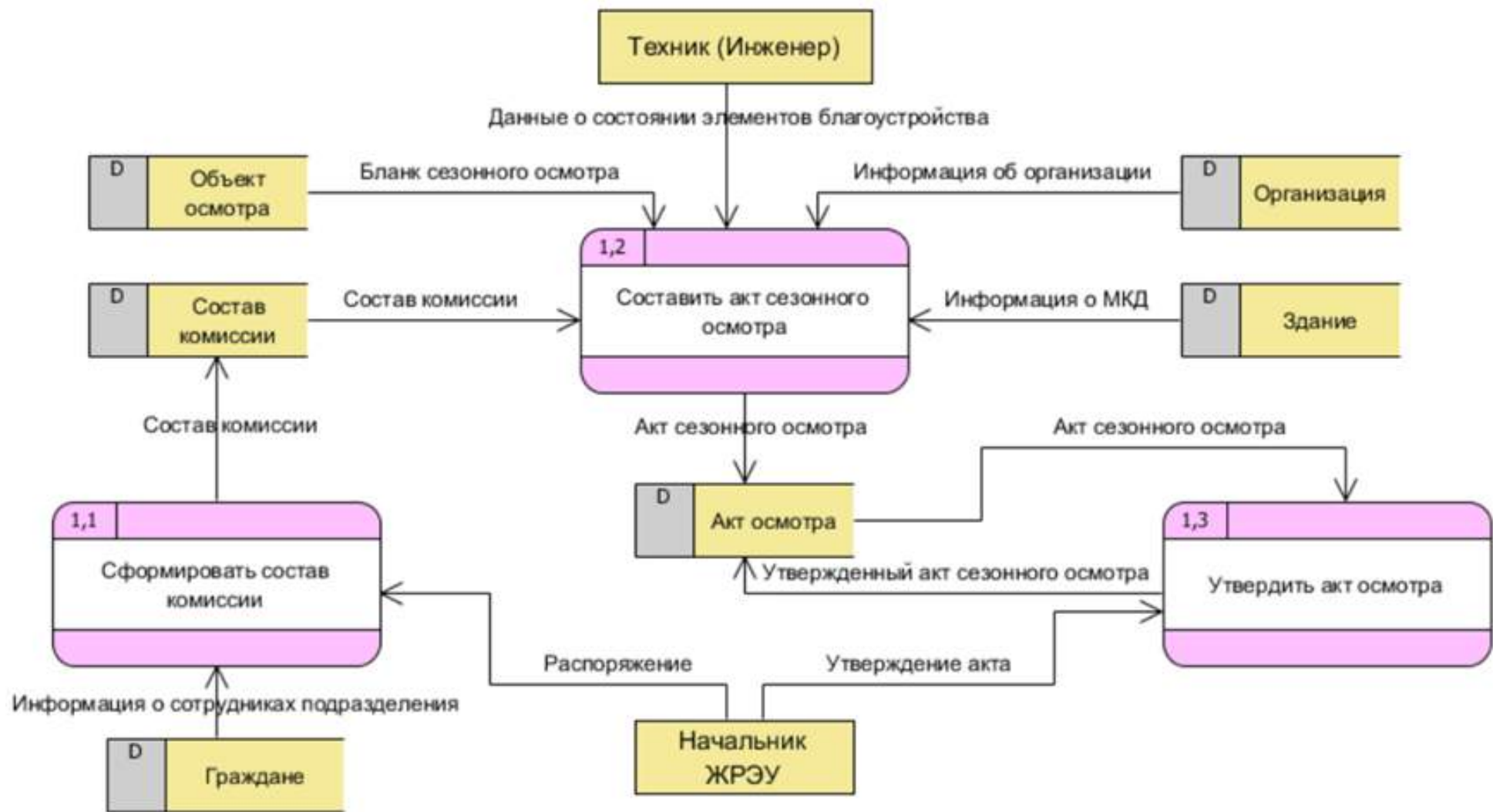


Рисунок 10 - Функциональная модель «как есть» уровня анализа в виде диаграмм потоков данных. Системный уровень

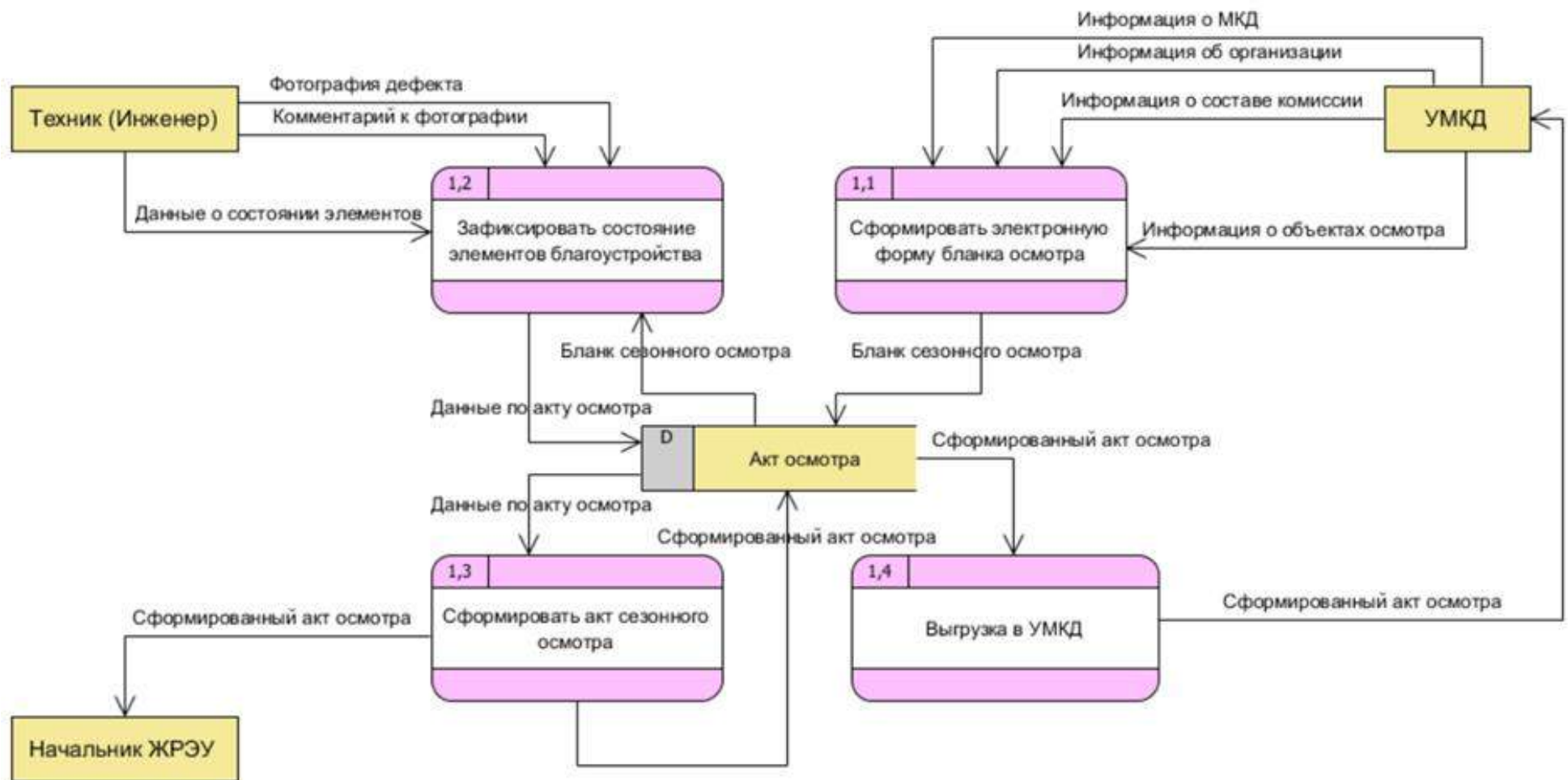


Рисунок 11 - Функциональная модель «как будет» уровня анализа в виде диаграмм потоков данных. Системный уровень



Рисунок 12 – Архитектура информационной системы

Библиографический список:

1. Управление многоквартирными домами. Автоматизация управленческих бизнес-процессов управляющих компаний. URL: <http://xn--d1alf1a.xn--plai/> (дата обращения: 25.03.2021).
2. Технический осмотр зданий. URL: <http://expert-sochi.com/tekhnicheskiy-osmotr-zdaniy> (дата обращения: 25.03.2021).

УДК 519.673

Изменение результатов построения петрофизических моделей при увеличении размеров расчетной сетки

Чувашов А.А.¹, Кожевникова П.В.¹, Мушинский В.Л.²

1 – Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

2 – ТПП Лукойл-УсинскНефтегаз, г. Усинск, Россия

Изучение фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов является неотъемлемой частью разведки и проектирования разработки месторождений углеводородов. Факт наличия запасов нефти, газа и конденсата не гарантирует их рентабельную добычу. Степень возможности их извлечения на поверхность с точки зрения способности проникать через породу-коллектор описывает проницаемость, а способность вмещать в себя флюиды характеризует пористость.

Одним из методов оценки достоверности геофизических данных о запасах углеводородов является построение петрофизических моделей на основании теории нечетких множеств.

Начальным этапом аппарата нечеткого моделирования является представление исходных данных в форме нечетких отношений, основанное на конструировании функции принадлежности.

В рамках данного этапа был разработан алгоритм сжатия информации, который позволяет снизить размерность величин и избавиться от «случайной» информации. Для этого исходные данные покрываются сеткой, рассчитывается: сколько данных попало в каждую ячейку сетки, а затем задается уровень погрешности и по невязке определяется необходимое

количество источников данных.

На основе карты источников выполняется построение функции принадлежности. Функция принадлежности рассчитывается как нормированное к единице поле рассеяния. Поле рассеяния рассчитывается по формуле

$$U^{\varepsilon}(s) = \sum_{k=1}^K \varphi(s^k) K(s^k, s) \quad (1)$$

где $K(s^k, s)$ - базисная система функций,
 $\varphi(s^k)$ - значения точечных источников.

На данном этапе было рассмотрено три модели: экспоненциальная модель (формула (2)), модель обратных квадратов (формула (3)), и модель конуса (которая является традиционным приемом при построении функции принадлежности, формула (4)).

$$K(s^k, s) = \frac{1}{\xi_k \sqrt{\pi}} \exp \left[-\frac{|s^k - s|^2}{\xi_k^2} \right] \quad (2)$$

где ξ_k - параметр рассеяния (эффективный параметр).

$$K(s^k, s) = \frac{r}{|s - s^k|^2 + r^2} \quad (3)$$

где r - сглаживающий параметр.

$$K(s, a, b, c) = \begin{cases} 0 & s \leq a, c \leq s \\ \frac{s-a}{b-a} & a \leq s \leq b \\ \frac{c-s}{c-b} & b \leq s \leq c \end{cases} \quad (4)$$

Карта плотности данных отображает, сколько данных попало в каждую ячейку сетки (рисунок 1). Результатом алгоритма сжатия является карта источников данных. Функция принадлежности отображает достоверность исходных данных.

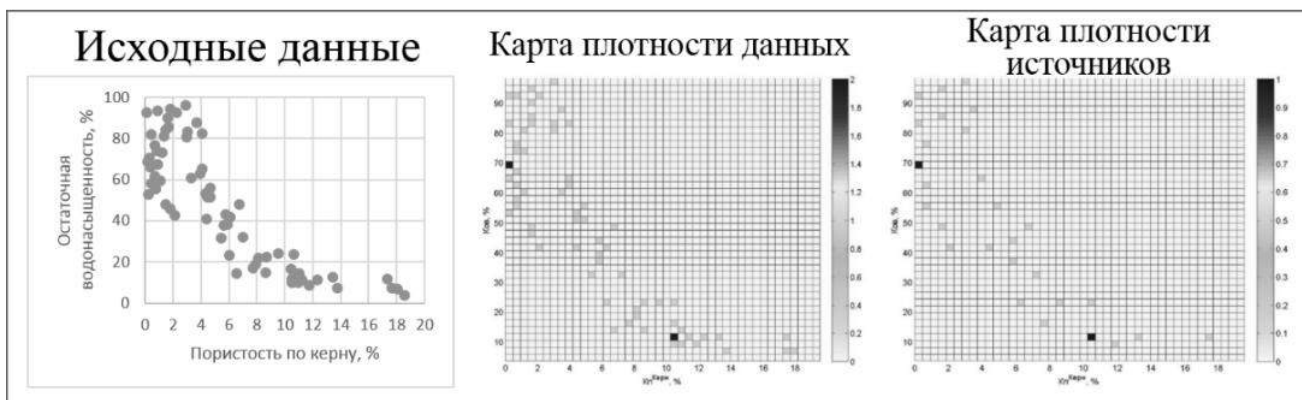


Рисунок 1 – Карта плотности источников

Рассмотрим функции принадлежности, построенные по трем моделям (рисунок 2). В красных прямоугольниках обозначены значения эффективных параметров, при которых построены функции.

При увеличении эффективных параметров, более адекватными реальным данным

остаются результаты, полученные на базе экспоненциальной модели. На этом основании, а также учитывая, что экспоненциальная модель имеет содержание, связанное с нормальным законом распределения, примем ее за основу при конструировании функций принадлежности для отношений между параметрами.

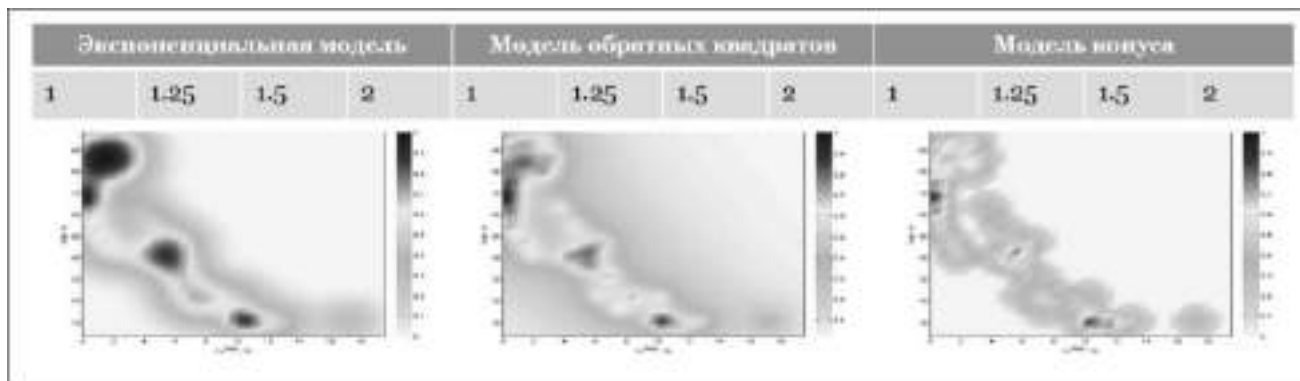


Рисунок 2 – Варианты моделей для построения функций принадлежности

Перейдем непосредственно к теме работы. Из математической теории известно, что случайные величины, которые неразрывно связаны с теорией нечетких множеств, делятся на дискретные и непрерывные. Дискретной случайной величиной называется случайная величина, которая в результате испытания принимает отдельные значения с определенными вероятностями. Число возможных значений дискретной случайной величины может быть конечным и бесконечным. Непрерывной случайной величиной называют случайную величину, которая в результате испытания принимает все значения из некоторого числового промежутка. Число возможных значений непрерывной случайной величины бесконечно, что делает ее более предпочтительной для использования в рамках достижения поставленных в данной работе целей.

Для перехода от одного вида функции к другому обычно используют 5 видов преобразований функций:

- непрерывная в дискретную (дискретизация),
- дискретная в непрерывную (интерполяция),
- дискретная в непрерывную (аппроксимация),
- непрерывная в непрерывную (интерполяция),
- дискретная в дискретную (сглаживание).

Одним из способов преобразования является изменение размера расчетной сетки.

Программа для реализации разработанного алгоритма сжатия разработана в среде C#, ее интерфейс приведен на рисунке 3.

В качестве данных для расчетов была выбрана зависимость производственных данных «Акустический импеданс – пористость». Результаты построения в зависимости от шага сетки и эффективного параметра представлены на рисунках 4-9.

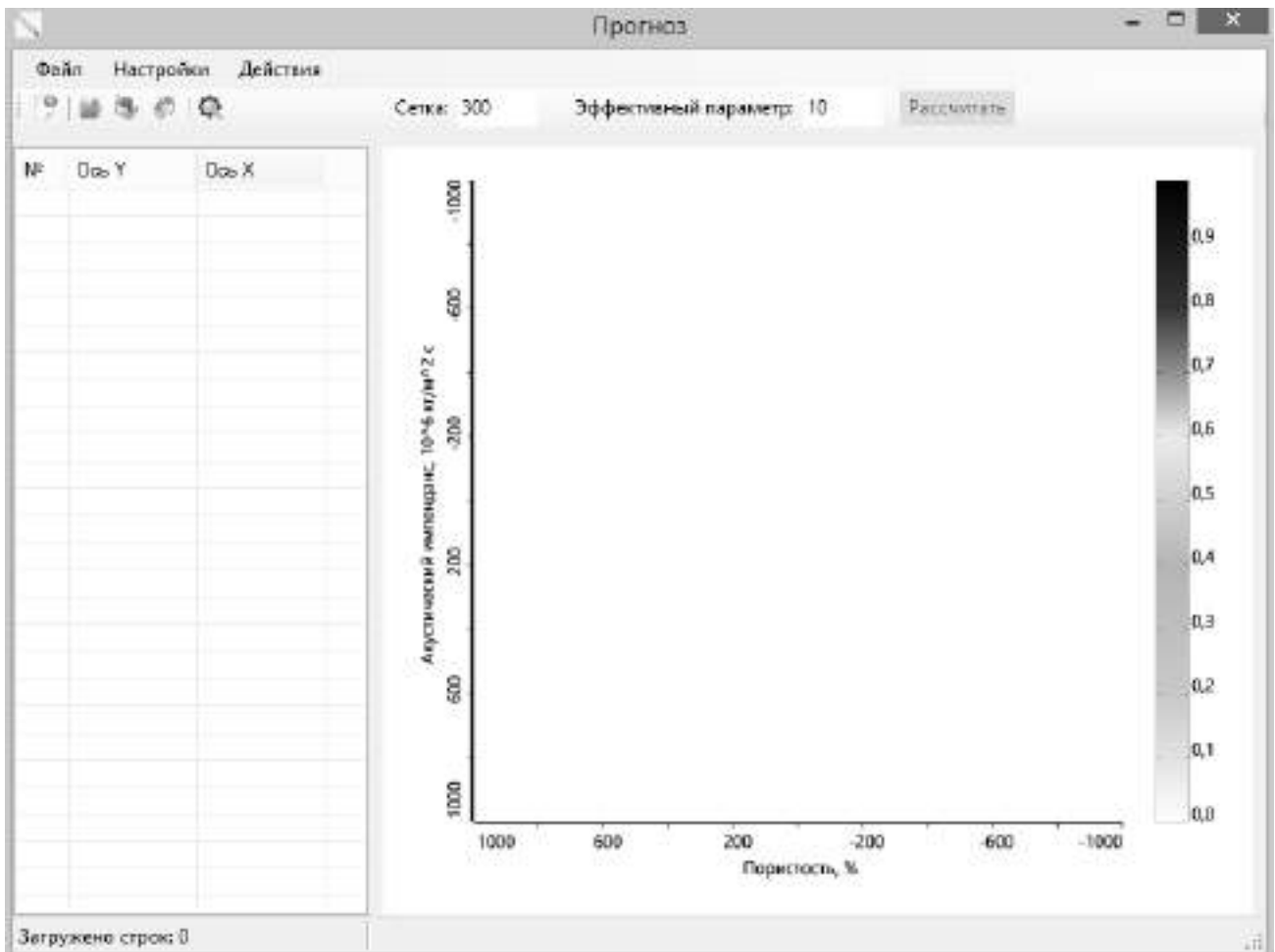


Рисунок 3 – Интерфейс программы

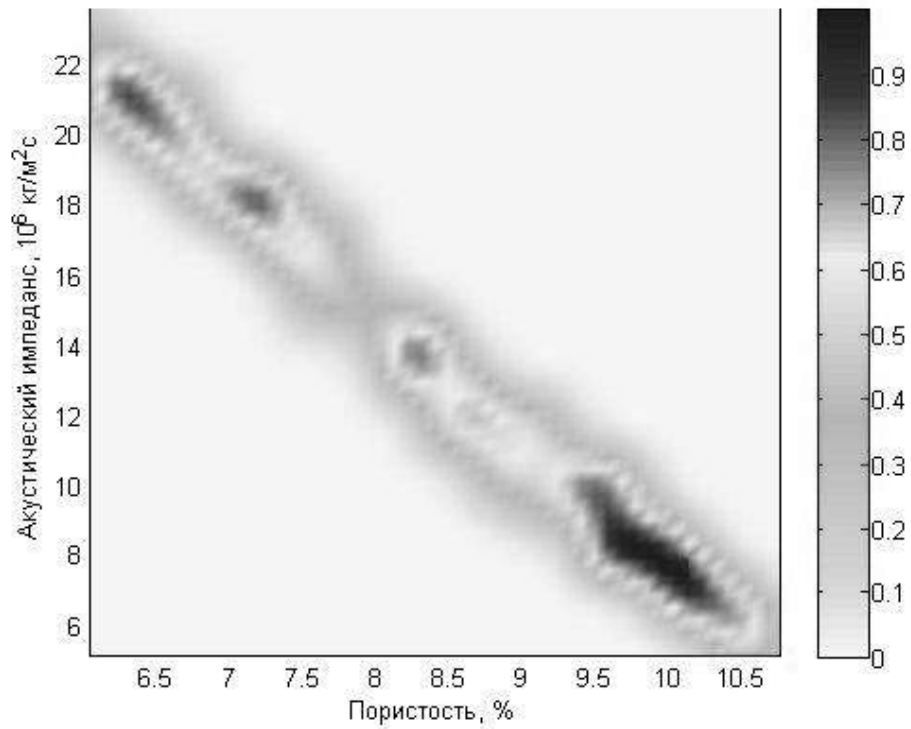


Рисунок 4 – Результаты при сетке 50·50, $\xi_k=2$

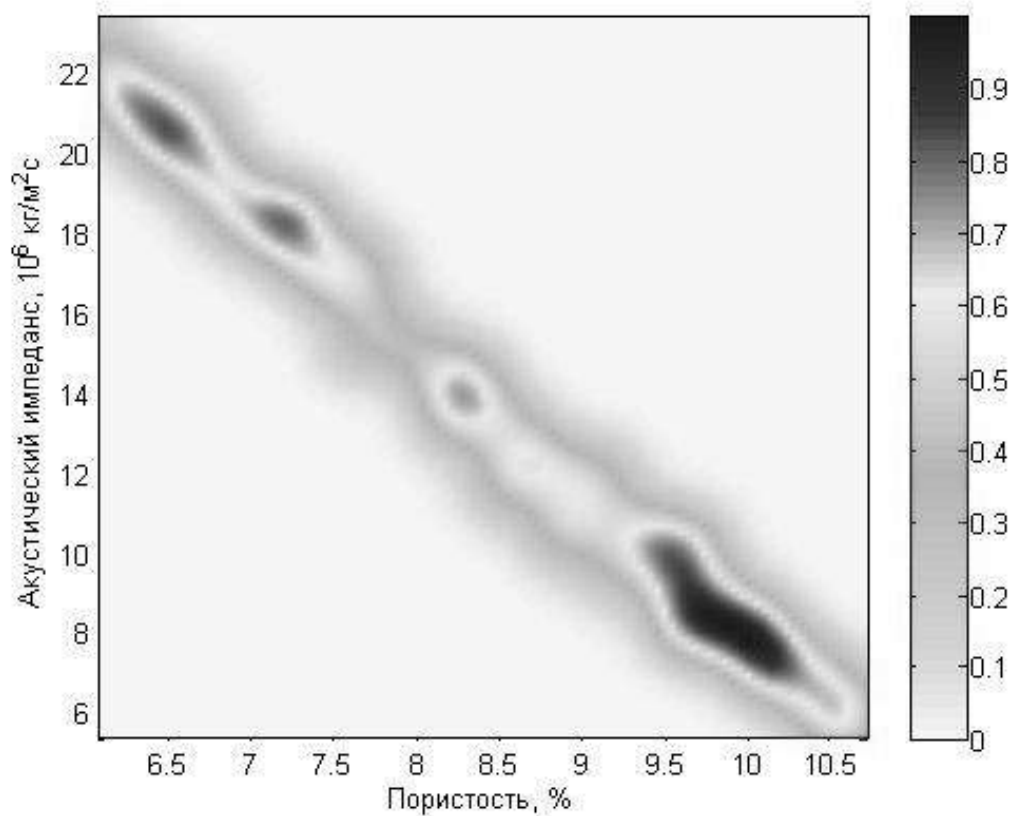


Рисунок 5 – Результаты при сетке 100·100, $\xi_k=4$

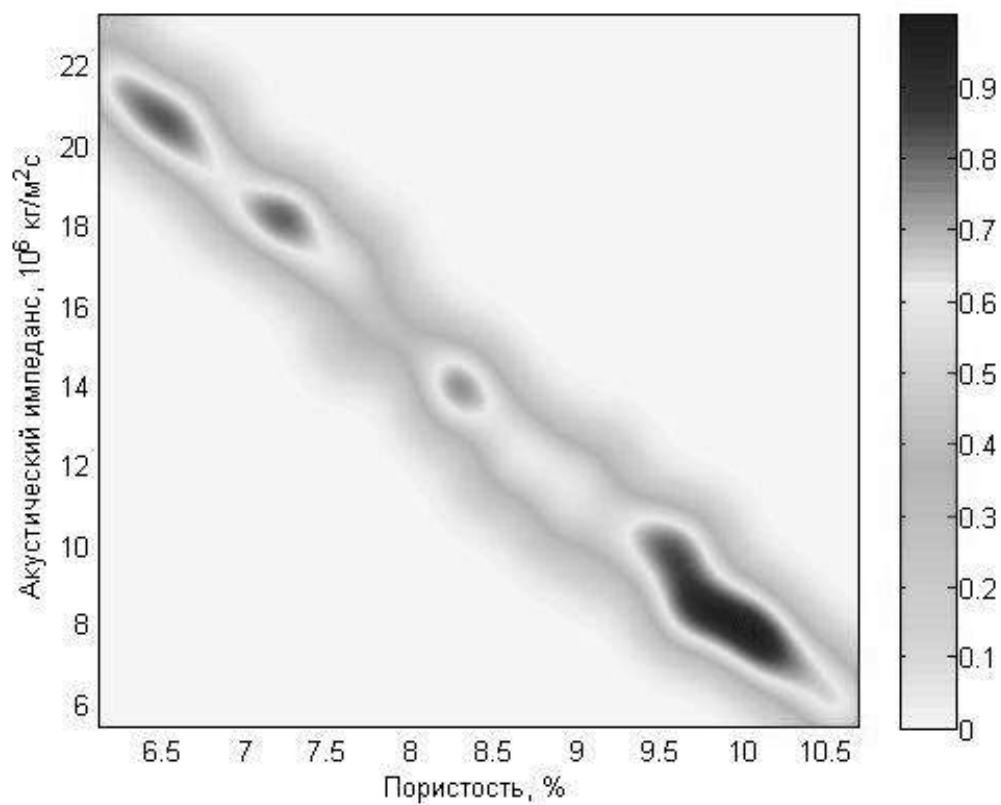


Рисунок 6 – Результаты при сетке 250·250, $\xi_k=10$

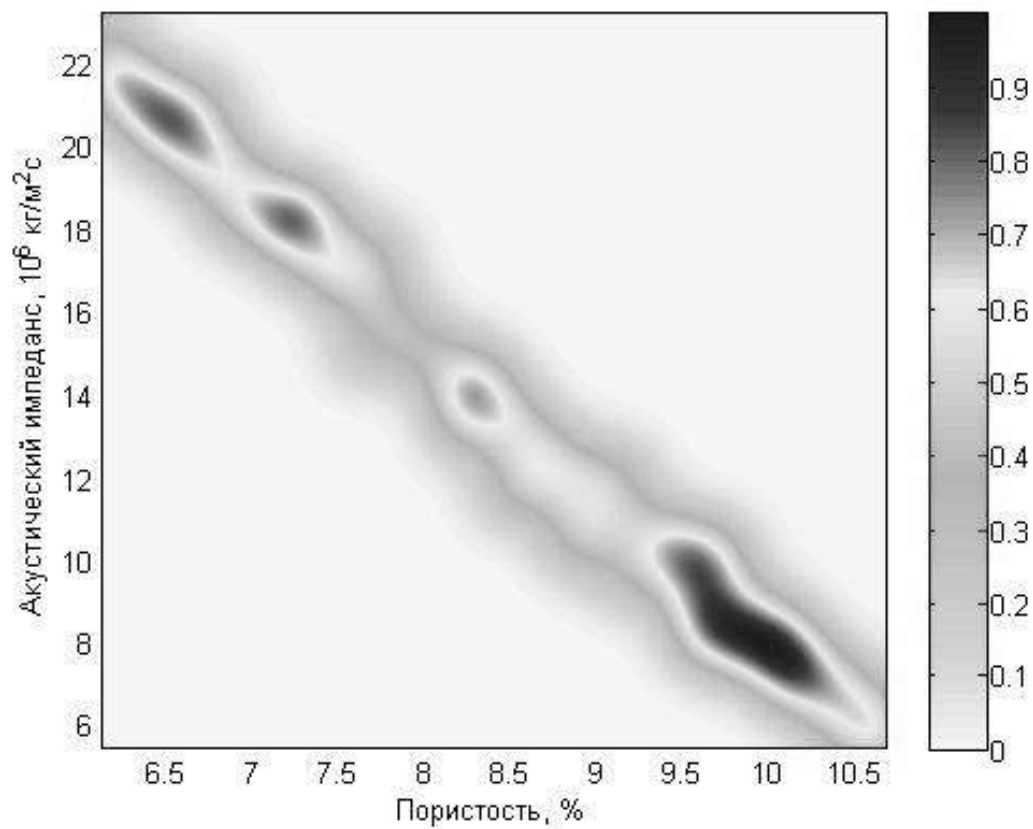


Рисунок 7 – Результаты при сетке 500·500, $\xi_k=20$

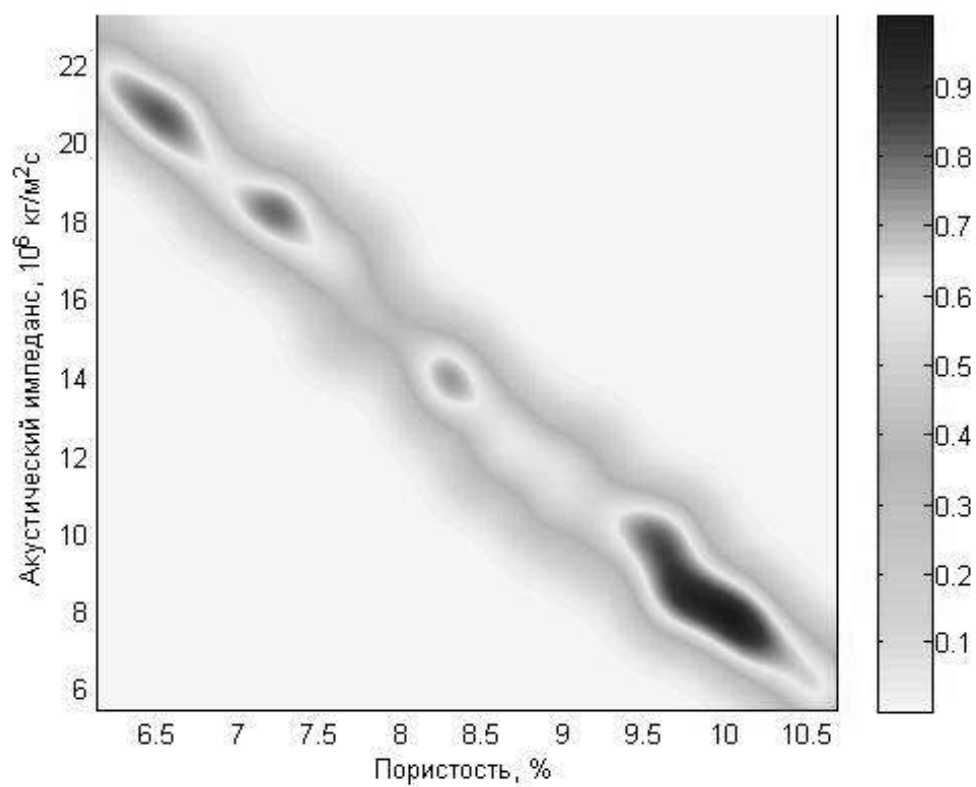


Рисунок 8 – Результаты при сетке 750·750, $\xi_k=30$

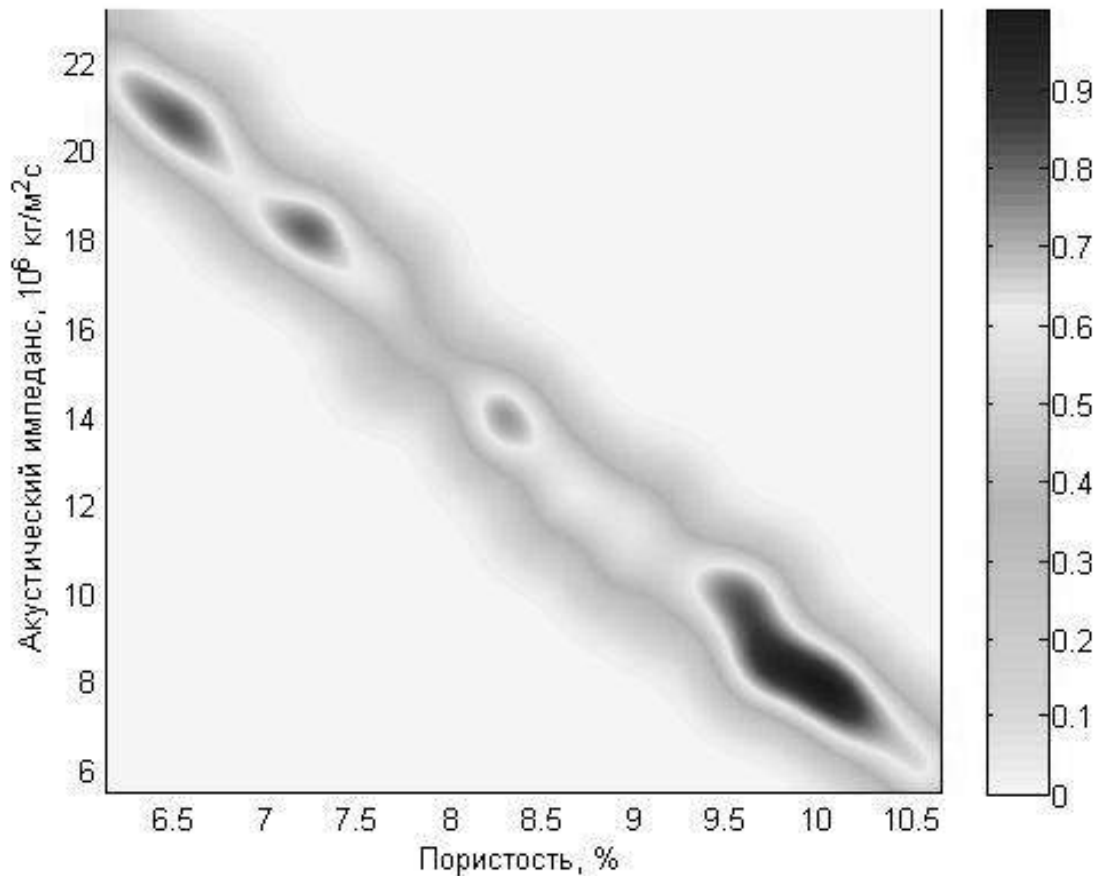


Рисунок 9 – Результаты при сетке $1000 \cdot 1000$, $\xi_k = 40$

Библиографический список:

1. Жуков, В. С. Взаимосвязь фильтрационно-емкостных свойств и петрофизических параметров юрских отложений Штокмановского месторождения / В. С. Жуков, О. В. Иселидзе, А. В. Дахнов, А. Е. Рыжов // Вести газовой науки. 2010. №2 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-filtratsionno-emkostnyh-svoystv-i-petrofizicheskikh-parametrov-yurskih-otlozheniy-shtokmanovskogo-mestorozhdeniya> (дата обращения: 22.01.2022).
2. Дорогобед, А. Н. Использование метода монте-карло для контроля оценки достоверности геологических моделей / А. Н. Дорогобед, В. Е. Кунцев, П. В. Кожевникова // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 9. – С. 80-84. URL: <https://toptechnologies.ru/ru/article/view?id=37670> (дата обращения: 22.01.2022).
3. Кожевникова, П. В. Разработка математических моделей информационно-экспертной оценки анализа достоверности промыслово-геологических моделей на основе нечеткого моделирования : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.18 / Кожевникова Полина Валерьевна. Петрозавод. гос. ун-т, Петрозаводск, 2018.
4. Кобрунов, А. И. Математические методы моделирования в прикладной геофизике (избранные главы). В 2-х ч. Ч. 1. Функционально-аналитические основы [Текст] : учеб. пособие / А. И. Кобрунов. – Ухта : УГТУ, 2014. – 224 с.

Использование модулей Builder и STARS гидродинамического симулятора CMG для построения модели двойной пористости неоднородного нефтяного коллектора

Чувашов Н.А.

Научный руководитель – Кунцев В.Е.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

При построении математической модели и проведении численного моделирования система трещин требует специального подхода, поскольку фильтрация в таких средах обладает специфическими особенностями (рисунок 1). Трещины отличаются большой проницаемостью и оказывают существенное влияние на процессы переноса и течения в пористой среде. При этом следует разделять системы трещин, так как они могут сосуществовать на различных масштабах (микротрещины с размерами в несколько сантиметров, макротрещины, разломы), могут различаться природой их возникновения (естественно-трещиноватые среды, разломы, трещины, возникшие за счет использования технологии гидроразрыва пласта). В случае естественно-трещиноватых пористых сред система трещин является в основном связанной, и для ее моделирования традиционно используют модели двойной пористости и мультиконтинуума. Подобные модели строятся для идеализированной среды и обладают рядом ограничений. Взаимодействие континуумов в таких моделях задается посредством введения функций перетока между матрицей породы и трещинами. Определение этих функций является ключевой проблемой моделей мультиконтинуума, поскольку выбор обменных членов основывается на дополнительных допущениях.

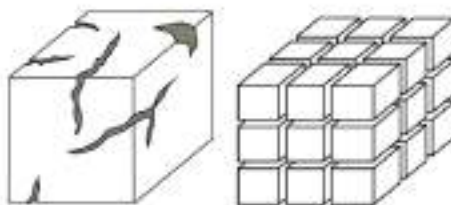


Рисунок 1 – Модель двойной пористости как идеализированное представление

Модели двойной пористости (рисунок 2) предполагают, что сеть трещин является основным континуумом для потока жидкости. Матрица с низкой проницаемостью считается стоком или источником разрыва, что подходит для неоднородных коллекторов, которые имеют полную разрывность матрицы. Модели могут быть разделены в зависимости от их способности пропускать поток жидкости и тепла.

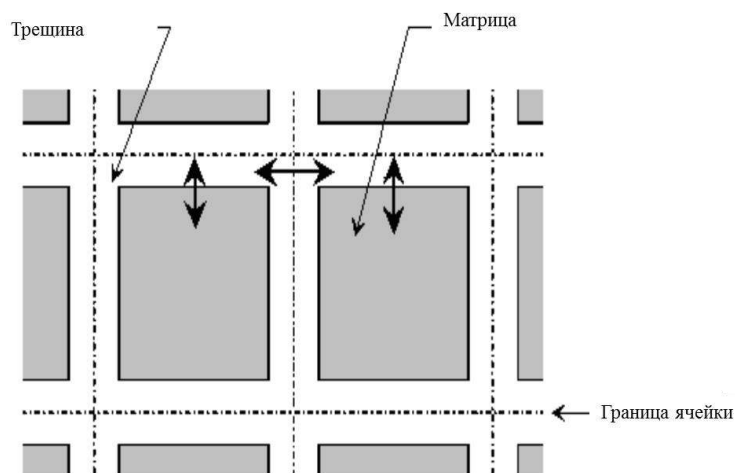


Рисунок 2 – Модель двойной пористости

В данной работе рассмотрен алгоритм построения вышеуказанной модели при помощи модуля Builder, являющегося частью программного пакета CMG. Для начала открываем Builder, и через окно инструментов выбираем создать новую модель. Открывается окно создания модели (рисунок 3): в качестве симулятора выбирается STARS, поскольку модель будет термическая, система единиц – международная СИ, пористость – двойная. За начало отсчета выбрана дата 1 января 2000 года.

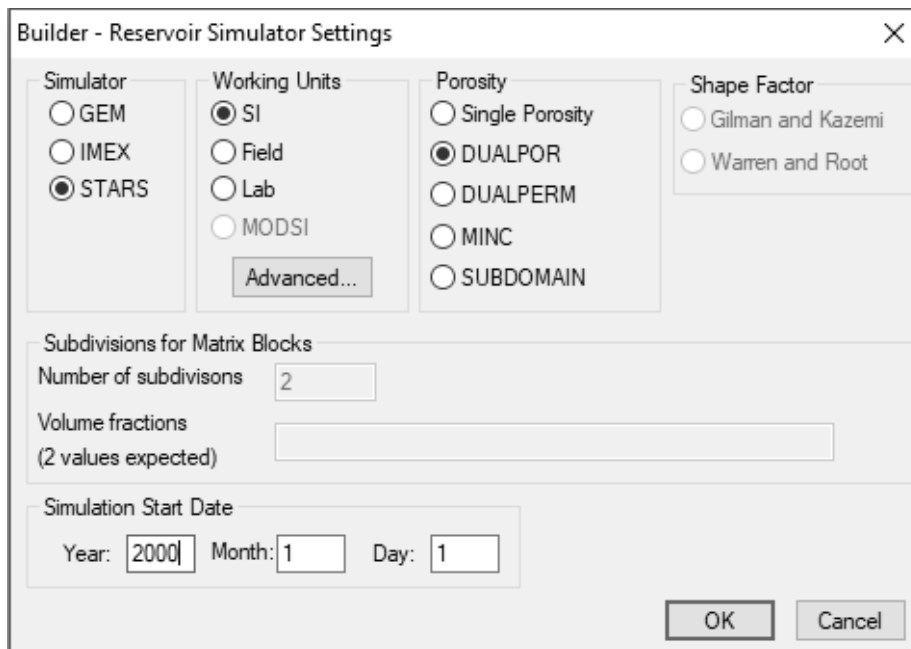


Рисунок 3 – Окно создания модели

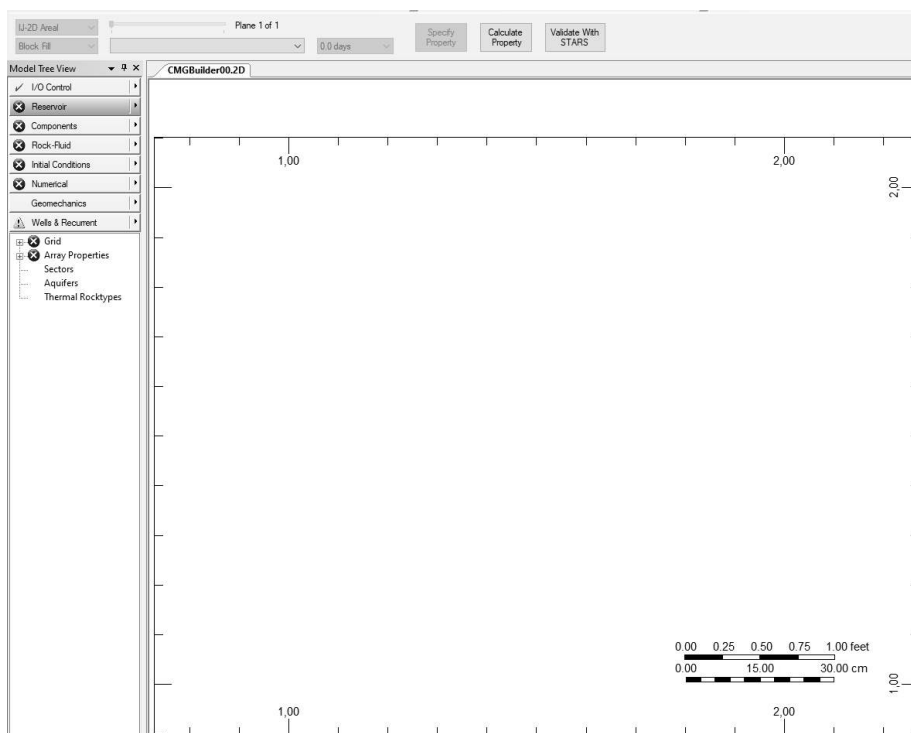


Рисунок 4 – Редактор модели

После нажатия клавиши «ОК» появляется окно редактора (рисунок 4), модель создана, но не наполнена, требуется внести в нее данные:

- О физических свойствах породы коллектора (Reservoir);
- О свойствах компонентов в модели (Components);

- О взаимодействии между породой и насыщающим флюидом (Rock-fluid);
- О входных данных (Initial Conditions);
- О порядке расчета (Numerical);
- О скважинах и режимах их работы (Wells and Recurrent).

Для начала создадим сетку модели и наполним ее параметрами. Все параметры сетки (Reservoir), а также начальные условия (Initial Conditions) представлены в таблице 1[1].

Таблица 1 – Параметры сетки модели двойной пористости

Параметр	Ед. измерения	Значение
Размер ячейки в модели	отс.	10×10×3
Количество ячеек	отс.	82×5×10=4100
Начальная нефтенасыщенность матрицы	доли ед.	0,86
Нефтенасыщенность трещин	доли ед.	1
Проницаемость матрицы	мД	250
Проницаемость трещин	мД	2500
Пористость матрицы	%	19,8
Пористость трещин	%	1,98
Начальное пластовое давление	МПа	7
Начальная пластовая температура	°С	23,1

В результате построения сетки и занесения свойств в нее, модель принимает следующий вид (рисунок 5).

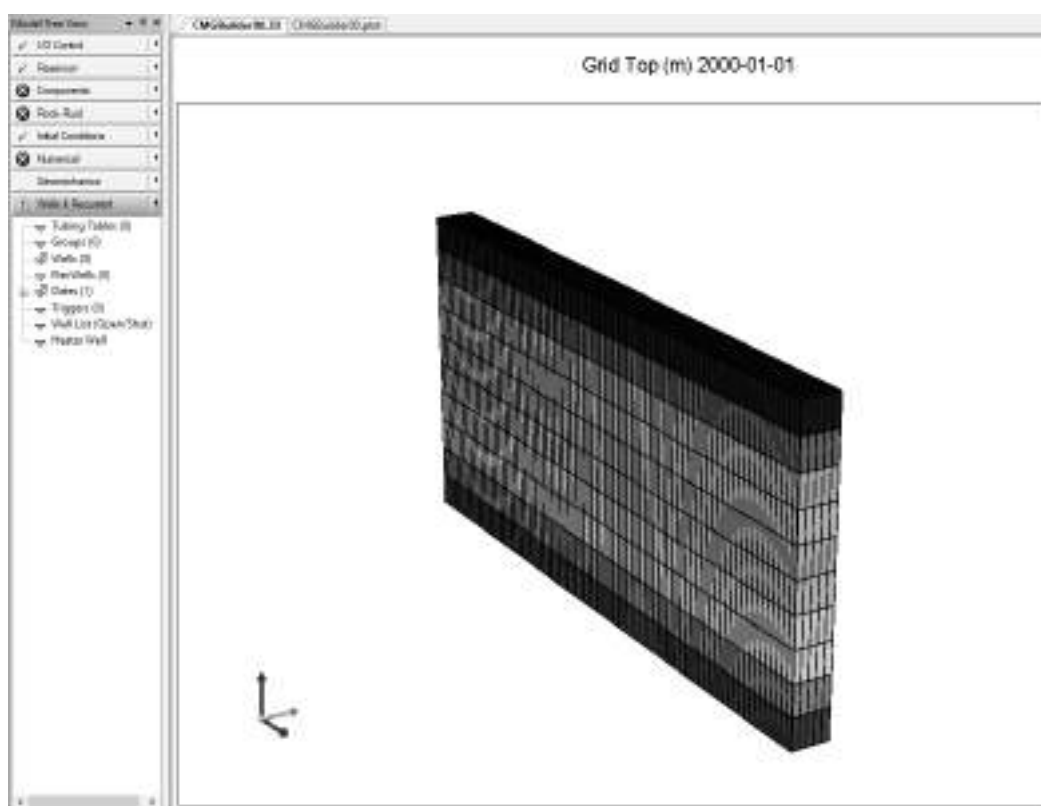


Рисунок 5 – Сетка модели

Следующим шагом по наполнению модели станет заполнение ее свойствами флюида (Components). Свойства флюидов заполняются по данным промысловых исследований. Важнейшими составляющими здесь являются:

- плотность пластовых флюидов,
- вязкость, а также ее зависимость от температуры,
- сжимаемость флюидов,
- текучесть, как обратное вязкости свойство,
- критические давление и температуры для флюидов,
- молярная масса флюидов,
- энтальпия флюидов.

Касательно взаимодействий между породой и флюидом (Rock-fluid), здесь требуется указать значения коэффициентов:

- теплопроводности водной фазы,
- теплопроводности нефтяной фазы,
- теплопроводности горных пород,
- теплоемкости породы,
- температуропроводности,
- а также относительных фазовых проницаемостей (ОФП).

В блоке о скважинах (Wells and Recurrent) выстраивают траектории скважин в пласте с перфорационными интервалами, а также заносит в журнал работы скважины данные о времени и режиме. Данный блок отвечает за технологию, которую мы выбираем для разработки пласта, с моделью которого работаем. Для данной модели предполагается реализовать технологию термогравитационного дренажа (SAGD), расположение скважин указано на рисунке 6. Нагнетательная скважина располагается сверху, а ниже через 12 м добывающая. Скважины расположены в середине параллелепипеда модели, то есть в третьем вертикальном слое.

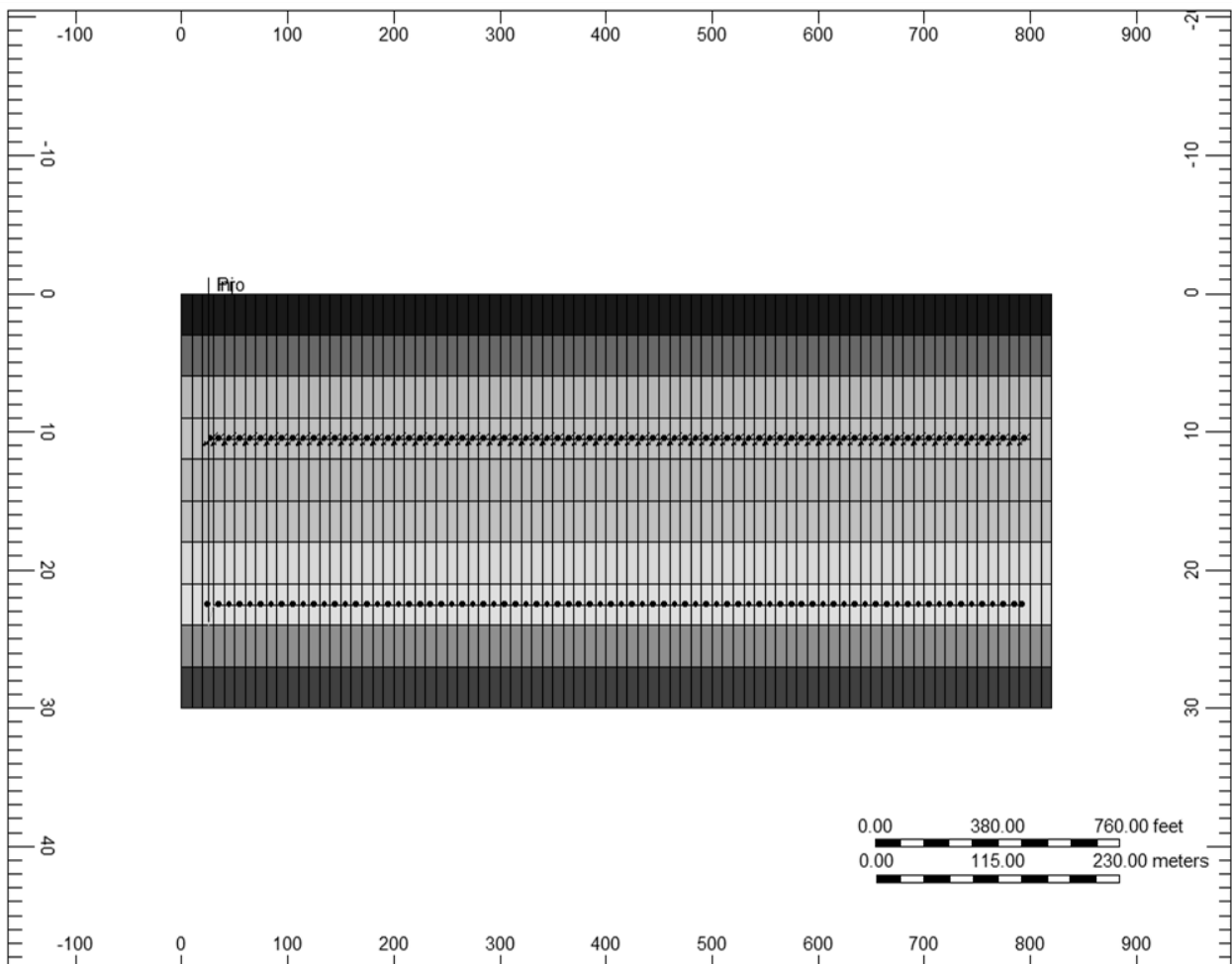


Рисунок 6 – Расположение скважин в модели

В расчетном блоке (Numerical) задаются такие параметры, как: максимальное количество временных шагов, длина этих шагов, термобарические пределы для модели в процессе расчета, итерации и максимальное значение ошибки материального баланса, а также методы решения[2].

Библиографический список:

1. Рузин, Л. М. Технологические принципы разработки залежей аномально вязких нефтей и битумов. – Изд. 2-е пер. и доп. / Л. М. Рузин, И. Ф. Чупров, О. А. Морозюк, С. М. Дуркин. – М. – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2015. – 480 с.
2. User's Guide STARS Advanced Process and Thermal Reservoir Simulator // Computer Modelling Group Ltd., 2009.

УДК 004.34

Перспективы развития микропроцессорных систем

Дворецкая П.С., Соловьев С.Е., Крутецкий Е.С.

Научный руководитель – Базарова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

Техника на основе микропроцессоров прочно вошла в жизнь современного человека. Практически неограниченные возможности в использовании микропроцессоров, их гибкость и универсальность, а также простота производства с точки зрения единства процесса производства – все это позволяет микропроцессорам приобретать все более широкое применение.

Но со стремительным внедрением микропроцессорных систем в различные области современного общества возникает все большая потребность в их усовершенствовании, повышении эффективности и производительности.

В современности существует два направления развития микропроцессорных систем (МПС) – совершенствование аппаратных средств и повышение эффективности работы программного обеспечения.

С точки зрения аппаратных преобразований основной упор делается на улучшение архитектурных решений микропроцессоров, так как данный компонент является главным в системе.

Иными словами, развитие микропроцессоров (МП) идет по пути постепенного наращивания их производительности.

Ранее повышение эффективности достигалось посредством наращивания тактовых частот работы МП, однако, данное направление имеет некоторые ограничения.

Повышение тактовой частоты ведет к увеличению потребляемой мощности процессора, что, как результат, влечет большее выделение тепла - неэффективное расходование электроэнергии. Нагрев элементов также негативно влияет на работу компонентов системы в целом, может привести к ее нестабильности и даже выходу из строя. Для преодоления проблемы перегрева элементов необходима установка системы охлаждения, что влечет за собой дополнительные расходы.

Помимо всего прочего задержки в обращении к оперативной памяти практически полностью подавляли преимущества повышения тактовой частоты, поскольку время доступа к памяти значительно ниже частоты работы процессора. Избавление от временных задержек в свою очередь требует дополнительных схемных решений.

В настоящее время существует несколько подходов повышения производительности, основными из которых является развитие CMP, SMT, EPIC – архитектур процессоров. Подробнее рассмотрим каждый из них.

CMP (Chip MultiProcessing) – размещение на одном кремниевом кристалле системы из нескольких микропроцессоров (многоядерность).

В данной архитектуре выполняемые задачи разделяются между ядрами, таким образом

обеспечивается большее выполнение операций за интервал времени. Таким образом обеспечивается параллелизм команд на аппаратном уровне.

CMP избегает некоторых проблем проектирования МП. При оснащении кристалла процессора несколькими относительно простыми процессорными ядрами вместо использования одного большого и более сложного ядра, процесс изготовления МП упрощается и становится более дешевым, поскольку рост количества транзисторов в одном ядре и повышение сложности логики влечет за собой увеличение затрат.

Также повышенная производительность в данных системах, в отличие от многопроцессорных систем, заключается в низкой задержке межпроцессорного взаимодействия между ядрами.

Однако данное направление обладает недостатком, связанным с повышением тепловыделения при росте количества ядер.

SMT (Simultaneous MultiThreading) – многонитевая архитектура или в переводе «одновременная многопоточность».

Основная идея данного подхода заключается в том, что ядро процессора может выполнять несколько потоков одновременно. Данная возможность реализуется за счет представления одного физического ядра как некоторого количества логических или, иными словами, виртуальных ядер.

Таким образом, при разделении потоков, все узлы системы будут плотнее загружены выполнением конкретной задачи и не будут простаивать, что повысит эффективность.

Количество одновременных потоков определяется конструктивными особенностями чипа. Обычно поддерживается два одновременных потока на ядро, но некоторые процессоры обеспечивают работу до восьми одновременных потоков.

Поскольку потоки выполняются в пределах одного физического ядра, большинство из них используют одинаковые ресурсы. Таким образом, наиболее сложной частью в реализации данной архитектуры является создание грамотной системы доступа потоков к ресурсам ядра таким образом, чтобы они не препятствовали работе друг друга.

Кроме того, для эффективной функционирования недостаточно реализации технологии SMT на аппаратном уровне. Поддержка многопоточности должна осуществляться и операционной системой, и прикладными программами.

Если же программный код не подразумевает параллельное выполнение инструкций, то от многопоточности и многоядерности процессора повышения производительности не будет.

EPIC (Explicitly Parallel Instruction Computing) – архитектура микропроцессора, производящая вычисления с явным параллелизмом в инструкциях.

В традиционных, имеющихся сейчас, архитектурах распараллеливание вычислений осуществляется процессором, из-за чего усложняется его конструкция, структура чипа. В EPIC-архитектуре заложена идея разделения команд для параллельного выполнения задолго до поступления их на процессор, а именно на этапе компиляции при создании машинного кода.

В EPIC компилятор определяет порядок выдачи команд и выполняет планирование инструкций статически за счет различных перестановок кода во время его компиляции.

Идея данного подхода направлена на то, чтобы упростить аппаратное обеспечение и, в то же время, извлечь как можно больше «скрытого параллелизма» на уровне команд.

Однако в данном подходе значительно усложняются компиляторы, что приводит к увеличению в них числа ошибок, а также времени компиляции программы. Кроме того, повышается сложность отладки, так как необходимо отлаживать оптимизированный компилятором код, в котором переставлены команды для обеспечения оптимальности работы микропроцессора.

Из трех рассмотренных ранее подходов только CMP и SMT могут использоваться совместно. С другой стороны, EPIC – единственный подход, направленный на распараллеливание команд вне процессора путем оптимизации кода. Тем не менее, каждый из вышеописанных подходов к реализации микропроцессоров имеет свои недостатки, которые требуется преодолеть в будущем.

Помимо совершенствования производительности самого процессора необходимо и развитие других компонентов микропроцессорных систем.

Особую важность приобретает проблема совершенствования памяти, ее размеров и быстродействия.

Как было сказано ранее, производительность процессора может сойти на нет из-за низкой пропускной способности памяти. Следовательно, все больше усложняется проектирование современных запоминающих систем, которые могут передавать информацию без задержек процессора.

Для более быстрой загрузки данных в процессор, оснащенный множеством высокопроизводительных ядер, необходима специальная организация подсистемы памяти, которая позволит поддерживать большие темпы обработки. Одним из таких решений является размещение памяти большей емкости на кристалле процессора, тем самым обеспечив к ней прямой доступ.

В таком случае больший объем необходимых данных будет храниться ближе к процессору, что позволит сократить количество обращений процессора к менее производительной основной памяти.

Одним из путей уменьшения задержек доступа является введение дополнительного уровня кэш-памяти. Однако больший объем памяти будет занимать большую площадь на кристалле процессора, что неоправданно, поскольку на этом дополнительном пространстве перспективнее разместить еще несколько микропроцессорных ядер. К тому же кристаллы полупроводниковой памяти с короткими временами доступа очень дороги.

Идея, сейчас активно исследуемая, имеет название In Memory Computing, которая заключается в помещении вычислительных блоков непосредственно в контроллеры памяти. Вместо передачи блоков данных с системы памяти на процессор и имея задержки, представляется возможным совершать вычисления и обработку данных непосредственно в самой памяти.

Сейчас проводятся эксперименты с внедрением небольших процессоров в схемы оперативной памяти или твердотельных накопителей. Поскольку вычисления находятся ближе к памяти, имеется потенциал огромной экономии энергии и времени, ведь нет необходимости в частой передаче данных процессору. Модули вычислений имеют прямой доступ к требуемым данным, так как находятся непосредственно в памяти.

Еще одним возможным решением сокращения задержек обращения к памяти является повышение пропускной способности интерфейсов между процессором и кэш-памятью и процессором и основной памятью, а также разрешение конфликтов, возникающих между ними.

Повышение пропускной способности достигается посредством увеличения ширины шины, а также частоты ее работы. Помимо основных магистралей, передающих данные и инструкции, вводится дополнительная магистраль, решающая конфликты между памятью и процессором.

С точки зрения конфликтов доступа имеет место выделение областей памяти, которые могут использоваться отдельно определенными ядрами или их группами, а также всеми ядрами процессора глобально в зависимости от потребности решаемой задачи. Подобное изменение конфигурации памяти предоставляет возможность исключить соперничество ядер за доступ к определенному сегменту хранилища.

Еще одним перспективным направлением в области развития микропроцессорных систем является снижение энергопотребления и тепловыделения.

Как отмечалось ранее, выделение тепла – главная проблема развития микропроцессоров, так как оно препятствует эффективной работе системы. В настоящее время повышение производительности МП на один процент ведет к увеличению потребляемой мощности на три процента.

Вследствие возникших проблем, для обеспечения более эффективного и производительного функционирования МПС будущего необходимо значительное сокращение потребляемой мощности. Основная идея в этом направлении – построение архитектуры

микропроцессорной системы таким образом, чтобы создать управление питанием, которое сможет автоматически регулировать и выделять мощность с учетом потребностей и нагрузок.

К примеру, задачи, имеющие временные ограничения на выполнение, будут выполняться на быстрых ядрах с большим потреблением мощности, в то время как менее срочные – на менее производительных с низким использованием энергии.

Таким образом, возможно сокращение потерь электроэнергии путем распределения ресурсов системы, а именно энергии, необходимой в данный момент выполнения задачи.

Помимо аппаратных совершенствований важна и разработка программного обеспечения, способного поддерживать и даже в какой-либо степени повышать возможности технической составляющей микропроцессорных систем.

С появлением многоядерных микропроцессоров на одно из ведущих мест выдвинулась следующая задача: для извлечения всех преимуществ из CMP и SMT – архитектур необходимо эффективно программировать такие процессоры. Сегодня основным направлением развития подобного программирования являются параллельные вычисления.

На данный момент существуют трудности, связанные с использованием имеющегося программного обеспечения на многоядерных и многопроцессорных системах, поскольку оно разрабатывалось без расчета на использование его в системах новой конфигурации.

Таким образом, современные МПС развиваются по новым направлениям, связанным с наращиванием количества ядер и совершенствованием параллелизма для достижения большей производительности. Кроме того, необходимо преодоление имеющихся трудностей, таких как задержки в обращении к памяти, высокое энергопотребление, а также разработка программного обеспечения с поддержкой параллелизма.

Уже сейчас применяются новейшие способы конструирования микропроцессоров: все современные процессорные устройства компаний Intel и AMD построены по принципам CMP и SMT архитектур – обладают несколькими десятками физических ядер (AMD Ryzen 5000 – процессоры с 12 и 16 ядрами), выполняющих по 2 потока, помимо этого в процессорах серии AMD Ryzen 3000 XT удвоен объем кэша третьего уровня по сравнению с предыдущими поколениями.

Предполагается, что и в дальнейшем прогресс в производстве и совершенствовании МПС не будет стоять на месте, и совсем скоро мы увидим совершенно новые с точки зрения функционирования и конструирования компьютерные системы.

Современная полупроводниковая промышленность приближается к своим пределам. Кремневые полупроводниковые технологии почти исчерпали свои ресурсы, поэтому необходимы новые технические решения. Уже сейчас ведется интенсивный поиск материалов, обладающих новыми свойствами и способных обеспечить прорыв в области микропроцессорных систем, способный вывести их производительность и эффективность на новый уровень.

Невозможно предугадать в какую сторону повернет дальнейший прогресс, какие новые технологии будут изобретены и применены.

Возможно, будет совершено колоссальное научное открытие, и структура процессора и других устройств МПС будущего в корне изменятся.

Библиографический список:

1. Гивоне, Д. Микропроцессоры и микрокомпьютеры / Д. Гивоне, Р. Россер. - Москва: Гостехиздат, 2020. - 464 с.
2. Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. — 511 с.
3. Tobias Vincon, Andreas Koch, Iliia Petrov, Moving Processing to Data: On the Influence of Processing in Memory on Data Management [Электронный ресурс] // arXiv.org. - 2019. Дата обновления: 12.05.2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1905.04767> (дата обращения: 22.12.2021)

Разработка информационной системы «Спортклуб «Пауэр-Ухта»

Ионов В.А.

Научный руководитель - Кудряшова О.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В данной работе рассмотрен процесс разработки информационной системы «Спортклуб «Пауэр-Ухта»».

При изучении предметной области были выявлены проблемы учёта, а в частности отсутствие автоматизированного учета клиентов, действительных, недействительных, льготных и “замороженных” абонементов, отсутствие автоматизированного формирования прайс-листов, графиков работы администраторов и инструкторов, отчётов по абонементам и клиентам спортклуба и т.д.

Целью данной работы является проектирование и разработка информационной системы, которая позволит автоматизировать процессы регистрации и учета клиентов, учета абонементов, оплаты абонементов клиентами спортклуба, формирования графика занятий и учета посещений занятий клиентами спортклуба, формирования прайс-листа, договоров и различного рода отчетов.

Предлагаемая система позволит отказаться от хранения информации в бумажном виде, снизить трудозатраты сотрудников учреждения за счёт уменьшения объёма ручной работы и минимизации появления ошибок, позволит проводить анализ данных с помощью отчётов и графиков, позволит производить поиск требуемой информации по необходимым условиям.

Ключевые слова: Word, Excel, ИС, проектирование, разработка, информационная система.

Информационные технологии всё больше внедряются в различные сферы и процессы производства, помогая им развиваться, информационные технологии являются сопутствующим и одновременно неотъемлемым средством представления и анализа информации.

В настоящее время люди целеустремлены к спорту, но так как в домашних условиях не каждый человек согласится заниматься физической нагрузкой они выбирают ходить в спортивные клубы, что делает эти клубы более популярными и привлекающими к себе всё больше и больше людей.

В настоящее время не во всех спортклубах внедрены информационные системы, которые позволяли бы автоматизировать функции регистрации, учета клиентов, посещения тренировок. В следствии этого возникают определенные проблемы с эффективностью работы и решением специфических задач.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка информационной системы для автоматизации работы спортклуба.

Объектом исследования является деятельность центра силовых видов спорта «Пауэр-Ухта», включающая в себя процессы, начиная от первого посещения клиентом клуба и продажи ему абонемента до ежедневного отслеживания посещений клиента и проверки действительности абонемента, а также его “заморозки” по необходимости.

Данная тема является актуальной, т.к. в настоящее время учет ведется вручную, в журналах разного рода и требуется автоматизировать процессы работы администратора в спортивном клубе, что позволит:

1. По клиентам автоматизировать процессы:
 - ввода данных клиента, его места жительства, адреса проживания;
 - учета клиентов;
 - учёта посещений занятий клиентами;
2. По администраторам и инструкторам автоматизировать процессы:
 - учета работы инструктора по графику;
 - учёта работы администратора;
3. По абонементам автоматизировать процессы:

- формирования прайс-листа;
- учета абонементов по разным категориям;
- учета количества посещений и сроки окончания абонемента;
- проверки и изменения статуса действительности абонемента;

4. По документам автоматизировать процессы:

- формирования графиков и отчетов в электронном виде;
- создания и хранения резервной копии;
- формирования и вывода на печать договора в формате в MS Word;
- вывода на печать отчетов в формате MS Excel.

Заказчиком является муниципальное учреждение городского округа города Ухта «Центр силовых видов спорта «Пауэр-Ухта»» - оно работает и предоставляет услуги спортивного характера с 2007 года.

«Пауэр» от слова Пауэрлифтинг обозначает силовое троеборье, в котором атлеты соревнуются в трех упражнениях – приседание со штангой на плечах, жим лежа и становая тяга. Нужно поднять максимальный вес на одно повторение. Побеждает тот, кто собрал наибольшую сумму в трех движениях в своей весовой категории.

Спортивный клуб находится по адресу г. Ухта, ул. Набережная Нефтяников, д.10.

Центр силовых видов спорта «Пауэр-Ухта» предоставляет два тренажерных зала включающие в себя популярные приспособления для тренировки пресса, бицепса и других групп мышц, бассейн и сауну с комнатой отдыха, в услуги зала так же входит секция пауэрлифтинга, бодибилдинга, фитнеса и игровые виды спорта.

Во главе спортклуба находится директор в подчинении у него находятся – администраторы, инструкторы, бухгалтер и уборщик. Процесс деятельности спортклуба показан на DFD диаграмме (Рисунок 1), (Рисунок 2).

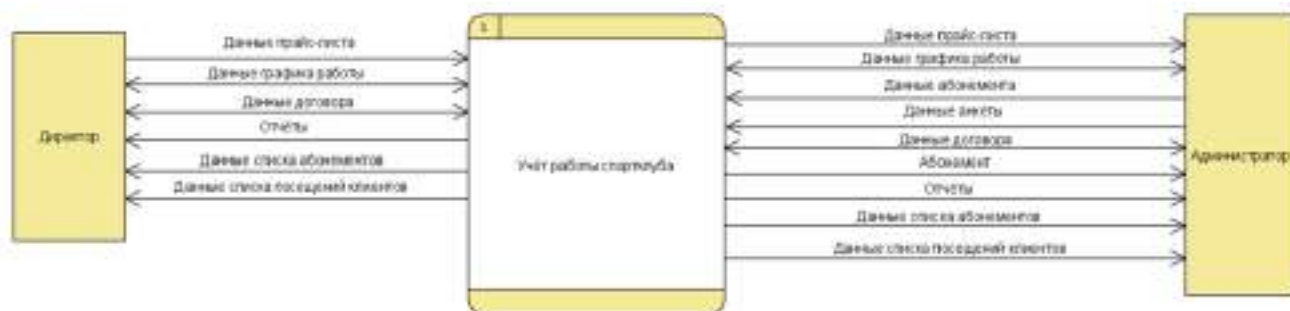


Рисунок 13 – Диаграмма потоков данных

В настоящее время интернет содержит достаточно широкий выбор программных средств для управления процессом учета в спортклубах.

Для автоматизации работы учреждения, необходимо создать систему, с помощью которой можно было бы решить выделенные проблемы.

Были выделены 3 наиболее подходящих программных продукта для данной предметной области, в которых учтены выделенные проблемы:

1. Учёт клиентов "Фитнес-клуб";
2. ПиМаркет "Фитнес клуб";
3. Mobifitnes.

Сопоставление функций аналогов и разрабатываемой ИС представлены в таблице 1. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** В результате обзора ряда программных продуктов, уществующих в данный момент на рынке, были выявлены как достоинства, так и недостатки каждого и было принято решение о собственной разработке информационной системы, т.к. ни один аналог в полной мере не отвечает требованиям заказчика.

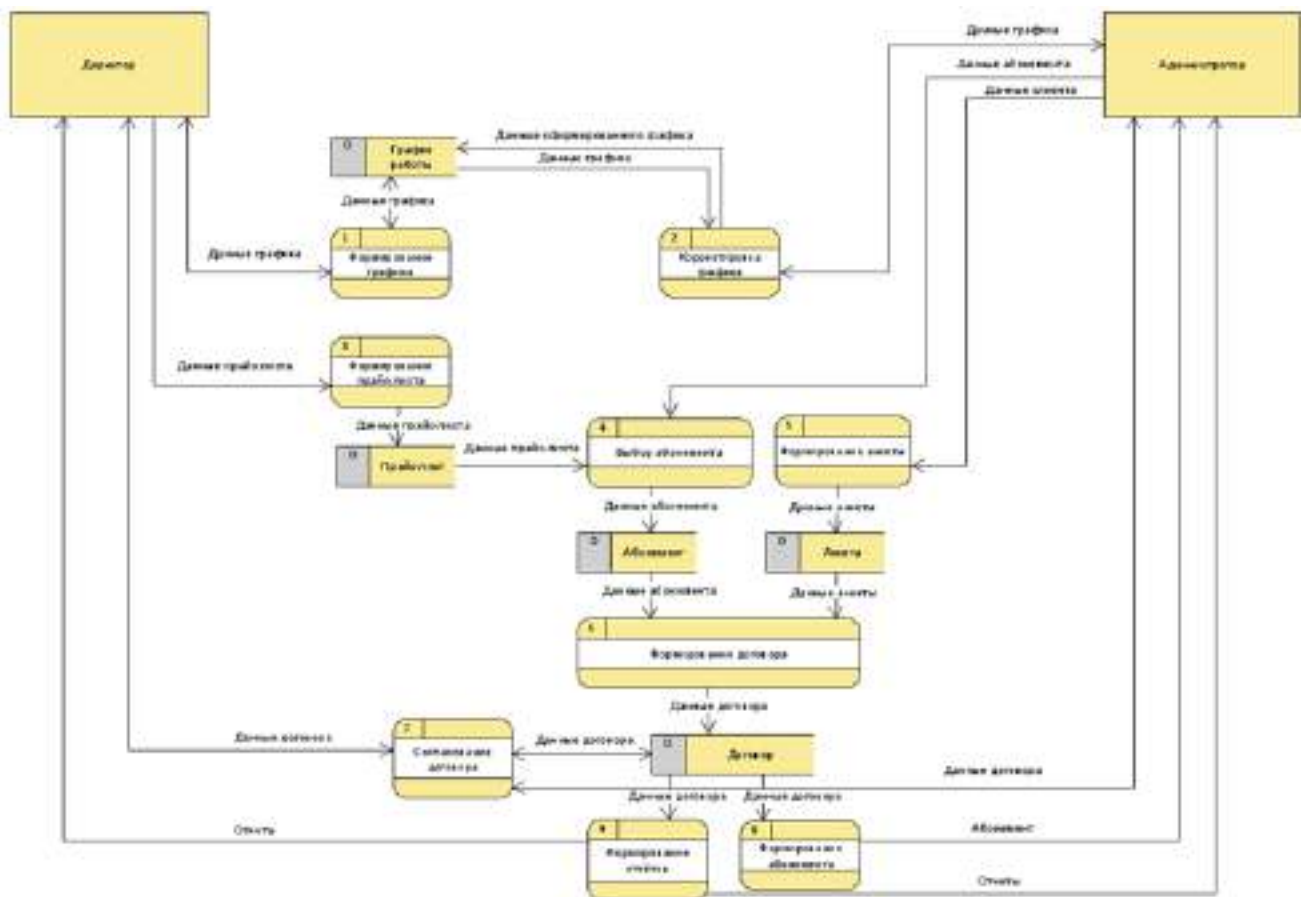


Рисунок 14 – Диаграмма потоков данных

Таблица 1 - Сравнение аналогов

Функции системы	Учёт клиентов "Фитнес-клуб"	ПиМаркет "Фитнес клуб"	Mobifitnes	ИС «Спортклуб Пауэр-Ухта»
Разграничение ролей	+	-	+	+
Формирование шаблона не занимает физического места	-	+	-	+
Учёт посещений клиентов	+	-	+	+
Хранение данных прайс-листа	+	+	+	+
Хранение данных о клиентах	+	+	+	+
Автоматизированный ввод адреса	-	-	-	+
Автоматизированная проверка статуса абонента	+	+	+	+
Возможность заморозить абоненты	-	+	-	+
Возможность добавления льготников	-	-	-	+
Автоматизированное управление расписанием тренировок	-	-	+	+
Учёт расписания тренировок	+	-	+	+
Хранение информации о сотрудниках	+	-	+	+
Формирование отчётов	+	+	+	+
Формирование графиков работы персонала	-	-	+	+
Вывод отчётов в Word и Excel	+	+	-	+

Результаты разработки информационной системы

Рассмотрим пользовательский интерфейс разработанной системы учёта работы спортклуба "Пауэр-Ухта". На вкладках формы приложения представлены таблицы, позволяющие вести учёт необходимой информации (Рисунок 4);



Рисунок 15 – Окно программы

В каждом разделе расположены подразделы системы, выполняющие те или иные функции. Обработка всей информации осуществляется в отдельных формах.

На Рисунок 16 представлена форма списка, содержащая в себе информацию о всех клиентах;

ID	Имя	Адрес	Дата рождения	Телефон	Статус	Действия
1000001	Иванов Иван Иванович	г. Ухта, ул. Ленина 10	1980-01-15	+7 (821) 222-1111	Активен	Изменить
1000002	Петров Петр Петрович	г. Ухта, ул. Ленина 10	1985-03-20	+7 (821) 222-2222	Активен	Изменить
1000003	Сидоров Сидор Сидорович	г. Ухта, ул. Ленина 10	1990-05-10	+7 (821) 222-3333	Активен	Изменить
1000004	Кузнецов Кузнецов Александр Александрович	г. Ухта, ул. Ленина 10	1995-07-05	+7 (821) 222-4444	Активен	Изменить
1000005	Смирнов Смирнов Сергей Сергеевич	г. Ухта, ул. Ленина 10	2000-09-01	+7 (821) 222-5555	Активен	Изменить

Рисунок 16 – Форма списка клиентов

Для добавления нового клиента открывается форма создания клиента (Рисунок 17), на которой вводятся все необходимые данные, для ввода даты рождения открывается календарь, для ввода прописки и фактического адреса открывается форма (Рисунок 18) так же добавлена галочка такой же адрес как в прописке чтобы не заполнять фактический адрес второй раз, для ввода номера телефона добавлен специальный формат ввода, так же есть возможность добавить льготника, если выбран льготник появляется поле для заполнения в котором указываются условия или разряд по спорту.

Клиент (создание)

Записать и закрыть | Записать | Печать документа | Esc

Имя:

Дата рождения:

Прописка:

Такой же адрес в прописке:

Фактический адрес:

Телефон:

Есть льготы о спортивном клубе:

Льготник:

Дата заключения: 06.03.2022

Рисунок 17 – Форма ввода данных клиента

ID	Имя	Тип абонента	Статус	Сумма
40000000	Григорьевский Алексей	Абонемент	Абонемент на 12 месяцев (Фитнес)	2200
40000001	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000002	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000003	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000004	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000005	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000006	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000007	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000008	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000009	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000010	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000011	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000012	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000013	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000014	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000015	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000016	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000017	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000018	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000019	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100
40000020	Григорьевский Алексей	Занятие	Занятие (Фитнес)	100

Рисунок 20 – Форма списка абонентов

ID	Имя	Тип абонента	Дата начала	Дата окончания	Сумма	Статус	Действительность абонента
40000001	Григорьевский Алексей	Абонемент	12.03.2022	12.04.2022	2200	1	✓
40000002	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000003	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000004	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000005	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000006	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000007	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000008	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000009	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓
40000010	Григорьевский Алексей	Занятие	12.03.2022	12.03.2022	100	11	✓

Рисунок 21 – Форма списка купленных абонентов

Мультиязычная (17) Предприятия, учебная версия

Главное Абонементы Клиенты Персонал

Абонементы Покупка абонента

← → ☆ Покупка абонента (создание) *

Провести и закрыть Залкзать Провести

ФИО: Смирнов Владислав Андреевич

Тип абонента: Фитнес

Дата активации: 12.03.2022

Действителен до: 12.04.2022

Стоимость: 2200

Занятий осталось: 12

Действительность абонента: ✓

Рисунок 22 – Форма покупки абонента

В форме списка инструктора (Рисунок 23) отображаются все инструктора и тип прихода “самостоятельно”, на данной форме вид смены и смена меняется автоматически с проверкой текущего дня недели и времени.

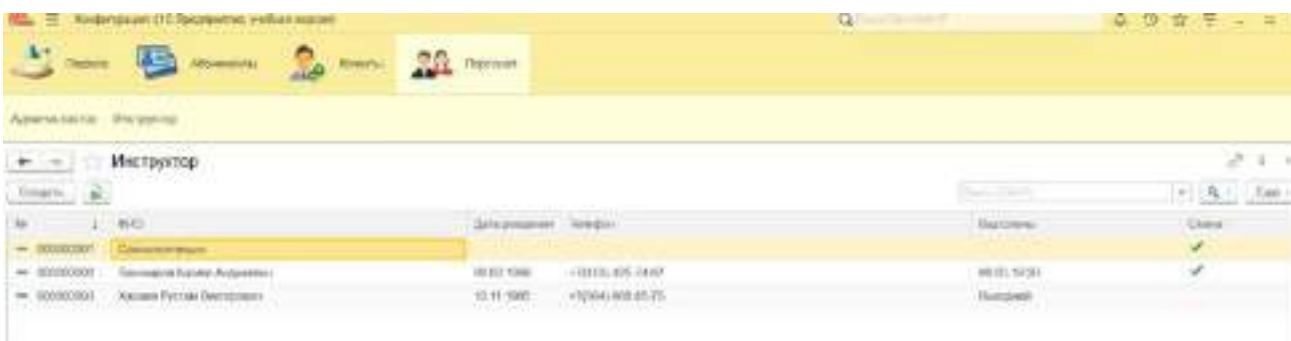


Рисунок 23 – Форма списка инструкторов

Так же в системе есть возможность формировать отчёты, здесь представлен отчёт по купленным абонементам, с необходимыми группировками по датам (Рисунок 24).



Рисунок 24 – Отчёт по купленным абонементам

Здесь представлен отчёт по количеству посещений, с необходимыми группировками по датам (Рисунок 25).

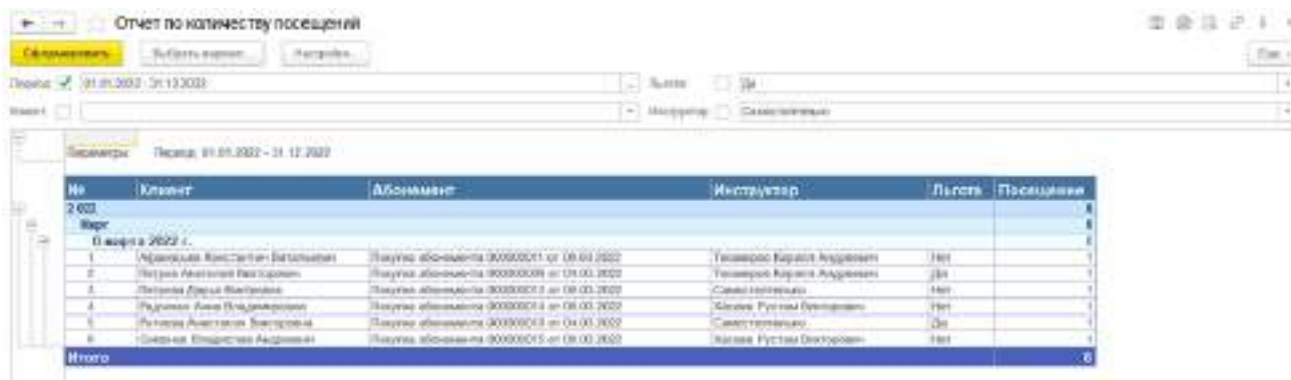


Рисунок 25 – Отчёт по количеству посещений

Библиографический список:

- 1С:Предприятие. Конфигурирование и администрирование. – М.: ООО «1С-Паблишинг», 2001.
- Гончаров Д.И., Хрусталева Е.Ю. Решение специальных прикладных задач в 1С:Предприятие 8.2. – СПб. :»1С Паблишинг» 2012.-680с.
- Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж UML 2.0 СПб.: Питер, 2006, 735 с.
- Волкова В.Н. Информационные системы: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Волковой, Б.И. Кузина. – СПб.: СПбГТУ, – 2001. – 216 с.
- Гвоздева Т.В. Проектирование информационных систем: учеб. пособие / Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. –508 с.

**Опыт эксплуатации подсистемы производственного контроля на объектах
ГРС ООО «Газпром трансгаз Ухта»**

Климович М.В.¹

Научный руководитель – Сюткин Е.В.²

1-Сосногорское ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта, Россия

2-ПОЭГРС ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта, Россия

ПАО «Газпром» видит свою миссию в надежном, эффективном и сбалансированном обеспечении потребителей природным газом, другими видами энергоресурсов и продуктами их переработки.

Одним из важнейших звеньев единого технологического комплекса газотранспортной системы являются газораспределительные станции (ГРС), которые непосредственно граничат с газораспределительными сетями потребителей.

Стратегической целью для ПАО «Газпром» является укрепление статуса лидера среди глобальных энергетических компаний посредством в том числе технического совершенствования ГРС.

Концепция технического развития ГРС ПАО «Газпром» является основанием для разработки нормативной базы, комплексных программ реконструкции технического перевооружения объектов транспорта газа, программ капитального ремонта ГРС и программ газификации регионов, а также комплексных целевых программ производства сжиженного природного газа, электроэнергии и подготовки хладагента на ГРС.

Согласно Концепции, основными направлениями технического развития ГРС на среднесрочную и долгосрочную перспективу определены:

- диверсификации рынков сбыта;
- надежность поставок газа потребителям Российской Федерации;
- рост эффективности деятельности Общества;
- использование научно-технического потенциала.

Под диверсификацией рынков сбыта понимается расширение спектра технических и технологических решений для производства новых продуктов, каковыми могут являться выработка сниженного природного газа (СПГ), электроэнергии и подготовка хладагента путем использования потенциальной энергии транспортируемого природного газа.

Для обеспечения надежности поставок газа потребителям целями технического развития ГРС являются поддержание безопасности эксплуатации ГРС и надежности газоснабжения потребителей не ниже существующего уровня:

- Снижение общего износа ГРС – увеличение срока надежной и безопасной эксплуатации ГРС;
- Обеспечение непрерывности поставок газа потребителю, в том числе на время ремонтных работ на ГРС и линейной части (в том числе применением МУПГ и МУПГ СПГ и КПГ);
- Закольцовка близлежащих ГРС в сетях ГРО;
- Перераспределение объемов невыбираемого газа;
- Техническое перевооружение ГРС;
- Пик шейвинг (установки сжижения природного газа, предназначенные для регулирования пикового газопотребления);
- Модульная реконструкция взамен полного ремонта ГРС, фактическая производительность которых не превышает 20% проектной, при условии отсутствия перспектив вновьприсоединяемых потребителей газа.

Для роста эффективности деятельности Общества необходимо повышение эффективности деятельности на всех этапах жизненного цикла эксплуатации ГРС, так, например, определение условий для перехода на эксплуатацию ГРС по централизованной или периодической форме обслуживания на основе оценки технического состояния и учета рисков отказов без снижения уровня надежности и безопасности ГРС.

Целью активного использования научно-технического потенциала является внедрение современных средств и методик планирования, прогнозирования и управления на всех этапах жизненного цикла ГРС с использованием IT-технологий и 3D моделирования.

Основными проектами являются:

- Тиражирование АГРС-НП – полностью энергонезависимых, использующих технологическое оборудование с увеличенным межремонтным интервалом (не менее 50 лет) и оснащенных интеллектуальной системой автоматического управления ГРС (ИСАУ ГРС);

- Разработка и реализация проекта Цифровая ГРС, точной виртуальной копии действующей ГРС, позволяющей моделировать возможные события при совокупности тех или иных факторов;

- Реализация каталога оборудования ЭКО ГРС, наполняемого информацией от заводоизготовителей, предоставляющий исчерпывающую информацию об оборудовании и позволяющий выполнять сравнение тех или иных характеристик и отвечать на вопросы оценки технических решений, их эффективности и конкурентных преимуществ;

- Подсистема производственного контроля на основе Формуляра целевых проверок ГРС.

Одним из перспективных проектов, который будет рассмотрен в данной статье, является подсистема производственного контроля на основе формуляра целевых проверок, сокращенно – ППК ФЦП.

Формуляр – типовая модель, устанавливающая область применения, форматы, требования, в нашем случае, к проведению проверок эксплуатации ГРС. Другими словами, это упорядочивание хода проверок эксплуатации ГРС, в том числе со стороны контролирурующих органов.

Формуляр целевых проверок ГРС является подсистемой Информационно-управляющей системы транспортировки газа и газового конденсата ПАО «Газпром» (ИУС Т) и содержит типовой алгоритм административно-производственного контроля (АПК) и перечень требований нормативно-технической документации применительно ко всем системам, узлам и оборудованию ГРС. С помощью мобильного переносного устройства ответственное лицо осуществляет проверку по определенному перечню (сценарию), в котором отмечается несоответствие тому или иному требованию нормативно-технической документации. Результаты проверки загружаются в ИУС Т, где составляется акт проведенной проверки с указанием сроков на устранение замечаний и ответственных за устранение лиц.

Внедрение ППК-ФЦП позволит:

- реализовать единый порядок выявления нарушений требований НТД. Оператор ГРС при добросовестном выполнении АПК-1, независимо от проверяющей инстанции, получит меньшее количество замечаний, потому что требования сценариев будут соблюдены;

- обеспечить централизованный учет всех выявленных нарушений на всех уровнях АПК. Все выявленные в ходе проверки замечания фиксируются и сохраняются в базе ИУС Т;

- выполнять и контролировать устранение нарушений. Каждому несоответствию проверяющий ставит период на устранение и ответственного за устранение, по истечению срока на устранение, информация пойдет вышестоящим руководителям);

- выполнять анализ нарушений и принимать необходимые управленческие решения на основе полной информации о фактическом состоянии эксплуатируемых ГРС. На основе архива замечаний, при проведении проверки проверяющему доступна история выявления несоответствий у представленного объекта;

- отказаться от ведения бумажных журналов. На данный момент оператору ГРС ежемесячно необходимо заполнять порядка 10 журналов.

Также практическими достоинствам ППК ФЦП являются фотофиксация нарушения требования; быстрый поиск нужного оборудования по соответствующему QR-коду (матричный штрих-код со считываемой оптической меткой, содержащей информацию об объекте, к которому она привязана.); создание итогового протокола проведения проверки по выявленным замечаниям; простота и удобство интерфейса.

В январе 2021 году стартовала опытная эксплуатация подсистемы производственного контроля на ГРС ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Для выполнения плана задач опытной эксплуатации распоряжением ООО «Газпром

трансгаз Ухта” создана рабочая группа для оперативного решения вопросов при опытной эксплуатации ППК из молодых специалистов общества.

В период опытной эксплуатации ППК ФЦП на ГРС ООО “Газпром трансгаз Ухта” была проделана работа в объеме:

- пройдено обучение по курсу “Формуляр целевых проверок” на базе ООО “Газпром трансгаз Ставрополь”.

- Созданы пользовательские инструкции по работе с ППК-ФЦП;

- Паспортизировано основное технологическое оборудование пилотных ГРС и оснащено QR-кодами;

- Выполнен план проведения тестовых проверок ПАО “Газпром” на 2021 год;

- Разработана модель двухкомпонентного 3D-шильда для нанесения QR-кода. Специальная нейлоновая клипса позволяет крепить шильд на детали большего диаметра (гайка, трубка, резьба), сохраняя исходную форму. Ультрафиолетовая печать, используемая при нанесении QR-кода на пластик, долговечна и устойчива к ультрафиолетовому излучению.

На данный момент рабочая группа ведет работу по совершенствованию и дальнейшему внедрению ППК-ФЦП в производство:

- дополняется перечень требований к технологическому оборудованию и эксплуатационной документации ГРС.

- паспортизируется оборудование вспомогательных систем ГРС.

- создан план проведения проверок АПК-3 для объектов ООО “Газпром трансгаз Ухта” на 2022 год.

- осуществляются плановые проверки АПК-2 и АПК-3 с помощью мобильного переносного устройства.

Стоит отметить, что до введения ППК-ФЦП в промышленную эксплуатацию ещё предстоит проделать работу по совершенствованию подсистемы (чем наш коллектив активно занимается).

Подводя промежуточные итоги опытной эксплуатации подсистемы производственного контроля на ГРС ООО “Газпром трансгаз Ухта” стоит отметить потенциал данного проекта. Отмечено повышение качества проведения административно-производственного контроля, получение достоверной информации о проведенных проверках в кратчайшие сроки, повышение эффективности принятия управленческих решений и контроля за устранением замечаний. Уже сейчас есть возможность отказаться от части бумажных журналов. Так же при проведении проверок отмечается удобство фотофиксирования замечаний и внесения примечаний.

Упорядочивание и контроль проведения проверок приведет к повышению уровня безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

Библиографический список:

4. СТО Газпром 2-2.3-1122-2017 Газораспределительные станции. Правила эксплуатации.

5. Концепция технического развития газораспределительных станций (утв. членом Правления ПАО “Газпром”, начальником Департамента В.А. Михаленко от 02.02.2020).

УДК 004.3

Проблема защиты данных в современном мире

Крутецкий Е.С., Соловьёв С.Е., Дворецкая П.С.

Научный руководитель – Базарова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире защита персональных, коммерческих, и иных ценных данных, очень важна. С развитием технологий в сфере связи и интернета, а также доступных средств массовых коммуникаций возросло количество краж и злоупотреблений личной информацией о человеке. Владение секретной информацией всегда давало преимущество в борьбе с человеком

за богатство и власть, но в современных условиях информационного века, она превратилась в главное оружие над обществом. Злоумышленниками эффективно используются средства обработки персональных данных, создающие угрозу правам и законным интересам человека. Ведь доступ в интернет получили все, как и обычные граждане, так и те, кто собирается использовать конфиденциальную информацию в личных целях.

В условиях популяризации интернета и интернет технологий в современном обществе, практически вся деятельность человека становится тесно связана с глобальной сетью интернет. Пользуясь разнообразными средствами коммуникации в интернете, любой пользователь может подвергаться угрозе утечки личной и конфиденциальной информации. Так как все браузеры, мессенджеры и почтовые службы связаны между собой глобальной сетью, то любая передача данных влечёт за собой отправку их в интернет. Возникает вопрос как правильно защитить данные, как сделать защиту такой, чтобы она не была громоздкой, но в тоже время не имела бы изъянов и исключала бы доступ «третьих лиц» к секретной информации.

На текущий момент используются и создаются следующие различные системы и алгоритмы защиты информации: текстовые пароли, отпечатки пальцев, сканер лица, сканер тембра голоса, сканер радужной оболочки глаза, проверка по секретной фразе и т.п., однако, все перечисленные системы защиты не дают полноценной гарантии защиты.

Пароль – произвольный набор знаков, состоящий из букв, цифр и других символов, предназначенный для проверки и подтверждения личности. Только цифровая комбинация называется ПИН – кодом. Пароль — это первая система по защите данных. Ещё во времена Рима впервые для безопасного прохождения ночью использовать пароль стали военные. Пароль состоял из букв на деревянной табличке.

Решение проблемы защиты данных носит двусторонний характер: со стороны пользователя и со стороны служб системы безопасности глобальной сети. Для создания корректного пароля существует множество рекомендаций: длина, количество цифр и символов, количество заглавных букв, структура. Сейчас, если несколько раз подряд неправильно ввести пароль, то система безопасности выдаст так называемую «captcha».

Captcha — это специальный защитный код, который «всплывает» на сайте в виде окна или картинки. Компьютерный тест Тьюринга, используемый для определения того, кем является пользователь системы: человеком или компьютером. Термин зародился в 2000 году. Основная идея теста заключалась в том, чтобы не пустить на сайт автоматические программы, так называемые боты, но дать возможность пройти обычному человеку путём решения простой задачи для человека, но сложной и не всегда выполнимой для программы. Каждый день по всей планете решается примерно 320 миллионов «капчей». До использования капчей, неверные пароли можно было вводить множество раз, мешал разве что таймер на запрет ввода пароля, который с каждым разом только увеличивался. Но, это можно было обойти простой сменой ip адреса.

Для того что бы взломать пароль, использовали перебор символов, пока не будет подобран верный пароль, такой способ называется «brute-force» - грубая сила. Суть подхода заключается в последовательном автоматизированном переборе всех возможных комбинаций символов или их наборов (если какая-либо часть пароля заранее известна) с целью рано или поздно найти правильную. С точки зрения взлома, поиск пароля — это затратный по времени процесс. Так как диапазон комбинаций символов очень огромен. Хотя сейчас многие сайты и ограничивают ввод пароля максимальным количеством символов, что хорошо сказывается для проверки множества паролей, но негативно сказывается на его безопасности. Благодаря ограничению взломщик уже знает заранее максимальное количество символов что благоприятно сказывается на взломе.

Отдельный компьютер может проверить более 100 миллионов комбинаций паролей в секунду, используя специальные программы и алгоритмы для их взлома (тот же самый brute-force), запущенных на центральном процессоре и миллиарды паролей в секунду при использовании специальных программ, использующих графический процессор. Выбранный пользователем якобы сложный пароль, состоящий из 8 знаков с числами, в смешанном регистре и с символами, достигает 30-битной надёжности. На 1 миллиард перестановок потребуется в среднем 16 минут, чтобы взломать его. При объединении компьютеров в общую

сеть, скорости и возможности для взлома увеличиваются, это может быть сделано при ботнетах.

В 2002-м distributed.net сообщили о том, что успешно подобрали 64-битный ключ RC5 за 1757 дней, используя более 331000 компьютеров, и создавая в среднем более 15 миллиардов ключей. Для взлома шифра использовался метод простого перебора ключей.

Графические процессоры (GPU) могут ускорить процесс подбора паролей на коэффициент с 50 до 100 и более для компьютеров, объединённых в одну локальную сеть. С 2011-го коммерческие продукты имеют возможность тестирования до 2,8 млрд. паролей в секунду на стандартном компьютере с использованием мощного GPU. Такой компьютер может подобрать 10-символьный пароль в едином регистре за 24 часа. Следует отметить, что процесс подбора паролей может быть распределён на несколько компьютеров с похожими GPU, что значительно ускорит процесс нахождения пароля.

Несмотря на свои возможности, настольные процессоры остаются медленнее в процессах подбора паролей, чем специально построенные машины, предназначенные для взлома пароля. В 1998 «the Electronic Frontier Foundation» (EFF) собрали специальный выделенный взломщик паролей, использующий программируемую пользователем вентильную матрицу (FPGA). Их машина, «Deer Crack», подобрала 56-битный ключ DES за 56 часов, проверяя около 90 млрд ключей в секунду. В 2010, the Georgia Tech Research Institute разработали метод использования GPGPU для взлома паролей, придумывая минимально безопасную длину пароля в 12 символов.

Брутфорс атаки делятся на несколько типов:

- Персональный взлом. В этом случае брутфорс направлен на получение данных конкретного пользователя. Во время общения с «жертвой» через интернет, злоумышленник старается узнать нужную ему информацию, которая потребуется для подбора пароля. Далее хакер заполняет программу для взлома теми данными, которые ему удалось узнать.

- «Брут-чек». Это вид брутфорса, основанный на больших количествах паролей. Соответственно, цель такой атаки – получить данные не одного, а множества разных аккаунтов на разных интернет ресурсах со всего мира.

- Удаленный взлом операционной системы компьютерного устройства. Брутфорс используется совместно с другими взламывающими утилитами, используется для доступа к удалённому или физическому ПК.

Пароли хоть и могут быть разнообразными, но и способов узнать и атаковать сайты с паролями очень большое количество, например:

- Сброс пароля. Хакерам в некоторых случаях проще пароль сбросить, чем попытаться его подобрать. В основном, хакер загружается со специального диска, чтобы обойти встроенные внутренние средства защиты Windows.

- Взлом паролей. Сброс пароля (которые был описан выше) – это результативный способ, когда нужно получить доступ к заблокированному аккаунту, но попытка сброса пароля привлечёт внимание владельца тем, что произойдёт отправка письма на почту владельца о смене пароля (что уже является сигналом о чем-то нехорошем). Взлом пароля состоит в преобразовании перехваченного хеша пароля (или другой секретной формы текстового пароля или пакетов «запрос-ответ»). После перехвата хеша специальные программы составляют таблицы хешей, и на основе этого начнётся поиск пароля.

- Захват паролей. Многие взломщики подменивают целые сайты, чтобы ничего не подозревающий клиент сайта ввел туда свои данные для входа.

- Угадывание пароля. Взломщики собирают данные во время общения с жертвой или пытаются собрать информацию о ней в любых открытых источниках. После этого на основе добытой информации пытаются угадать пароль либо локально, либо с помощью автоматических методов.

- Анализ паролей. Некоторые программы взлома паролей «встают» между клиентом и сервером и принимаются перехватывать хеши. Анализируют его и начинают взлом.

Проблема пароля состоит в том, что к нему относятся с большой халатностью. Главная ошибка создания пароля состоит в том, что пользователи связывают пароль тем или иным образом с собой, что якобы должно помочь запомнить им пароль. На самом деле это

огромнейшая ошибка, Хакер, пообщавшись с жертвой и узнав базовые данные о ней, может практически сразу предположить первые несколько вариантов паролей, и это без использования специальных программ. Только в период с 2019 года по 2020 год было взломано 7,24 млрд паролей и уникальных имён пользователей с разных интернет ресурсов по всему миру. Пароль, который легко запомнить, как правило, также легко отгадать. Пароли сложные для запоминания, уменьшают безопасность системы. Кроме того, более жёсткие требования к надёжности пароля, например, обязательное использование разных регистров букв, и цифр или изменение его через определённый промежуток времени, увеличивают вероятность того, что пользователи разрушат систему. Учёные провели эксперименты и обнаружили, что пароли, составленные по первым буквам какой-либо фразы, так же просты в запоминании, как обычные пароли, но при этом также трудны для взлома, как произвольно сгенерированные пароли. Комбинирование двух несвязанных слов также является хорошим методом.

Спустя некоторое время на смену паролей пришли биометрические данные. На основе уникального рисунка на пальце у каждого человека был создан сканер отпечатка пальца. Физиологически след от пальца представляет собой так называемый папиллярный узор – неопределённую комбинацию выступов (гребней), содержащих индивидуальные поры, разделённые впадинами. Под кожей пальца расположена сеть кровеносных сосудов (их называют минуциями). Минуции являются уникальными признаками и один отпечаток может содержать более 70 минуций. Также отпечаток пальца связан с определёнными электрическими и тепловыми характеристиками кожи. Это означает, что для получения изображения отпечатка пальца может использоваться свет, тепло или электрическая емкость (а также их комбинация). По показателям надёжности сканирование отпечатков уступает только анализу ДНК, а также сканированию радужной оболочки или сетчатки глаза.

Не многие представляют работа сканера отпечатка пальца. Некоторые люди думают, что при первом сканировании отпечатка пальца телефон сохраняет его фото, и каждый раз по-новому сканирует отпечаток, сравнивая его с сохранённым. На самом деле пользователь каждый раз по-разному прикладывает палец к сканеру, что делает очень трудным постоянно «фотографировать» рисунок пальца. Поэтому сканер не фотографирует рисунок пальца и не сравнивает его с сохранённым в момент регистрации. С каждой новой попыткой разблокировки смартфона сканер пытается найти уникальные части рисунка, которые не видны человеческим глазом. Именно это и запоминает телефон: уникальные участки на пальце, благодаря чему и достигается высокая скорость разблокировки телефона. Соответственно, качество и скорость сканирования возрастает с числом разблокировок через сканер отпечатка пальца, чем больше количество раз будет происходить разблокирование с одним и, тем же пальцем, тем большее число минуций сможет найти телефон. Именно это он и хранит.

Существует несколько видов сканеров отпечатки пальца, но различает их только способ получения снимка пальца. Всего есть 3 основных вида:

- Ёмкостный – сканер использует электричество;
- Ультразвуковой – использование звука;
- Оптический – получение изображения происходит с помощью света.

Ёмкостный сканер – такой сканер состоит из крошечных пластин, которые проводят ток. Их толщина меньше линии узора на отпечатке пальца. Эти пластины используются как конденсаторы, которые хранят определённый заряд. Тело способно проводить ток и когда происходит прикосновение пальца к сканеру, заряд, накопленный на конденсаторе, изменяется. В связи с тем, что отпечаток не плоский, а имеет огромное количество «волн», палец будет соприкасаться только в некоторых точках. Соответственно, там, где было соприкосновение пальца со сканером – появляются микрозоры и в тех участках будет получаться разная ёмкость конденсаторов, смартфон считает все ячейки и определит по напряжению, находилась ли возле каждого конкретного конденсатора пустота или же это был выступ, и кожа соприкасалась с поверхностью сканера. Так и собирается общая картина отпечатка. Плюсом такого вида сканеров является дешевизна в производстве, способность этих сканеров делать трёхмерный снимок пальца (учитывая выступы и углубления). Минусом такого

сканера является проблема в его расположении, ведь под экраном его разместить не получится, именно поэтому для него приходится выделять отдельное место.

Оптический сканер отпечатка пальца работает совершенно по-другому. По сути своей, оптический сканер – это черно – белая камера, спрятанная под экраном и производящая снимок отпечатка, когда палец прикасается к дисплею. Прикасаться нужно только там, где и находится под экранная камера. Сложность такой технологии заключается в том, что такой датчик удастся разместить только под определённым видом экрана (AMOLED). Это связано с полупрозрачностью данного вида экрана. Главным минусом такого типа датчика является его лёгкость в обмане. Такой датчик работает с плоским двумерным изображением, в таком случае для взлома такого сканера могут быть использованы муляжи и даже картинки хорошего качества.

Одним из самых новых видов датчиков отпечатка пальца является ультразвуковой сканер. Хотя эта система и появилась относительно недавно для обычных пользователей, сама технология используется очень давно в других отраслях. Сканирование отпечатка пальца происходит при помощи ультразвука. Суть примерно такая же, как и на медицинской процедуре УЗИ. А если углубиться, то суть работы заключается в пьезоэлектрическом эффекте.

Пьезоэлектрики — диэлектрики, в которых наблюдается пьезоэффект, которые могут либо под действием деформации индуцировать электрический заряд на своей поверхности, либо под влиянием внешнего электрического поля деформироваться.

В основе ультразвукового сканера лежит точно такой же пьезоэлектрик. Когда телефон подаёт на него напряжение, он начинает вибрировать с огромной частотой, генерируя при этом звуковые волны высокой частоты. Эти волны распространяются через экран и защитное стекло и сталкиваются с препятствием в виде сканируемого пальца. Одни волны смогут отразиться раньше, столкнувшись с бугорками, другие продолжат своё движение и заполнят пространство между впадинами отпечатка и так же вернуться на датчик. Возвращаясь на пьезоэлектрик, волна «ударяет» по его поверхности и с обратной стороны появляется электрический заряд. Плюсов у такого датчика много. Прежде всего это безопасность, так как сканер сможет определить, что перед ним, плоская картинка или палец, так как он сканирует именно трёхмерную модель пальца. Более того, ультразвук может проходить внутрь пальца и тем самым можно отличить муляж от настоящего пальца. Такие датчики можно размещать где угодно, так как ультразвук легко проходит не только через стекло. Минусом такого датчика является скорость обработки отпечатка, так как он работает медленнее современных оптических аналогов. Кроме того, умельцы смогли обойти защиту такого сканера путём простого размещения между сканером и пальцем куска гидрогелиевой защитной плёнки. После этого можно было прикладывать любой палец и моментально получать доступ к смартфону. В связи с этим некоторые банки запретили работу своих приложений на тех смартфонах, где были установлены такие датчики. Некоторые производители смогли исправить этот недочёт программным вмешательством. Но у других производителей, использующих такие датчики, ситуация могла остаться прежней.

Защита персональных данных имеет первоочередное значение как для самого гражданина, так и для государства, именно за паролями скрываются личные данные. А завладев этими данными, можно сделать много незаконных и опасных вещей, и именно поэтому до сих пор создаются новые и более современные способы защиты данных, которые всё реже будут взламывать. Но следует отметить что, эта проблема не имеет окончательного решения, так как создание любых способов защиты будет автоматически приводить к тому что, найдутся желающие эту защиту обойти. На любое действие вызывает противодействие.

Библиографический список:

1. Бабаш, А.В. Криптографические методы защиты информации (для бакалавров и магистров) / А.В. Бабаш, Е.К. Баранова. - М.: КноРус, 2015. - 224 с.
2. Никифоров, С.Н. Методы защиты информации. Пароли, скрывание, шифрование: Учебное пособие / С.Н. Никифоров. - СПб.: Лань, 2019. - 124 с.
3. Рябко, Б.Я. Криптографические методы защиты информации / Б.Я. Рябко, А.Н. Фионов. - М.: ГЛТ, 2013. - 229 с.

Разработка мобильного приложения «Рабочее место техника водоканала»

Липин А.И.

Научный руководитель - Кожевникова П.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

ООО «Консалт-Информ» - компания, работающая с 2002 года на рынке автоматизации, поддерживая процесс проектирования информационных систем от консалтинга и постановки бухгалтерского и управленческого учета до автоматизации бизнес-процессов. Компания занимает лидирующие позиции среди фирм-франчайз, внедряющих «1С: Предприятие» в регионе. Одной из главных задач компании модернизация систем ЖКХ.

Ежедневно работники водоканала проходят множество квартир по заявкам потребителей, проводя проверки приборов учета расхода воды, снимая с них контрольные показания, заменяя их на новые.

При эксплуатации под влиянием внешних факторов счетчики подвергаются износу.

В результате могут повредиться их внутренние части, фильтр может засориться. Следствием износа является сбой показаний и недостоверность информации по расходу воды.

От этого зависит, сколько за нее придется заплатить собственникам. Для выяснения точности отражения счетчиком проходящей воды, его цифры необходимо сравнить с цифрами эталонного прибора.

При проверке счетчика мастер метрологической службы использует для сравнения показаний переносной эталонный прибор. Его подключают непосредственно к установленному на трубе счетчику и проводят сверку показаний обоих приборов.

Существует ряд причин для снятия контрольных показаний с установленного в квартире водосчетчика.

Первая и основная причина – желание возобновить расчёты по показаниям приборов. Встречаются случаи, когда собственник помещения не передаёт показания в установленном порядке. Если показания водосчётчиков не были переданы подряд 3 и более месяца, то такой водосчётчик снимается с учёта, и начисление платы за воду осуществляется по нормативу с повышающим коэффициентом. Чтобы возобновить начисления по показаниям водосчётчика, необходимо обратиться в ресурсоснабжающую организацию для снятия контрольных показаний.

Вторая и не менее важная причина – смена собственника помещения. Новый собственник помещения должен открыть новый лицевой счёт в ресурсоснабжающей организации. Для этого необходимо заключить договор на обслуживание. Если собственник не желает платить возможные долги, которые остались у прежнего владельца помещений, то перед заключением договора необходимо снять контрольные показания. Эти показания будут отправной точкой для расчётов. А ресурсоснабжающая организация будет взыскивать долги с прежнего хозяина.

Третья причина – перерасчёт. В некоторых случаях владельцы передают не реальный расход, а завышенный. Многие не хотят снимать точные показания с водосчётчика, а некоторые собственники, уезжая из квартиры на длительный срок, платят с «запасом». Через несколько месяцев реальные показания могут отличаться от переданных на значительную величину. Чтобы вернуться к реальным показаниям водосчётчика, при расчёте платежей необходимо снять контрольные показания.

Четвёртая причина – контроль передаваемых показаний. Это не инициатива ресурсоснабжающей организации, а требование действующего законодательства. Компания, которая поставляет вам воду, обязана не чаще 1 раза в 6 месяцев снимать контрольные показания с работающих водосчётчиков. Это необходимо для уточнения индивидуального и общедомового расхода и облегчает доначисление в случае аварийных ситуаций.

После окончания работ специалист обязан передать клиенту пакет всех требуемых документов:

- свидетельство о работе прибора;
- акт о проведенной работе;
- копию аккредитации службы, представителем которой он является.

Перечисленные документы необходимо передать в УК для внесения сведений о выполненной работе и дате ее проведения.

В настоящее время, для работников является проблемой отсутствие четкого графика посещения потребителей, в связи с чем может возникнуть ситуация, когда потребителя нет дома, и техник не может провести необходимые работы.

Также зачастую потребители не могут точно определить модель датчика, установленного у них в квартире и, следовательно, технику приходится отдельно указывать данные о датчике.

Еще одной проблемой является большой оборот бумажных документов, ведь после проведения работ, техник заполняет по две копии всех необходимых документов. Один передается на руки потребителя, второй собирается за целый день, а потом техником вносится в систему учета.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка мобильного приложения, которое при проверке предоставит технику необходимые данные по прибору учета, тем самым позволит быстрее заполнить акт о проведенной работе (возможно и свидетельство о работе прибора), а также автоматически отправит документы в систему «ИнфоКрафт:Формула ЖКХ».

Система должна предоставлять возможность:

- передачи документов проверки в систему «ИнфоКрафт:Формула ЖКХ»,
- составления план-графика работы техника,
- составления документов о проведенной работе, определения модели датчика расхода по серийному номеру,
- предоставления электронной подписи техника.

Разработка мобильного приложения выполняется для отдела – МУП «Ухтаводоканал» - одного из старейших и крупнейших муниципальных предприятий жилищно-коммунальной отрасли по муниципальному образованию городского округа «Ухта». В задачу МУП «Ухтаводоканал», относящуюся к требуемому мобильному приложению, входит процедура проверки датчиков учета расхода воды.

В настоящее время, заявки потребителей принимает инженер водоканала. На их основе он составляет список домов, которые нужно посетить технику, а также вносит данные заявки в систему. Система на основе заявки формирует макет акта о работе в двух экземплярах, которые техник заполняет на месте работы, один экземпляр он передает клиенту, а второй, после выполнения всех работ, он заносит в систему (Рисунок 26).

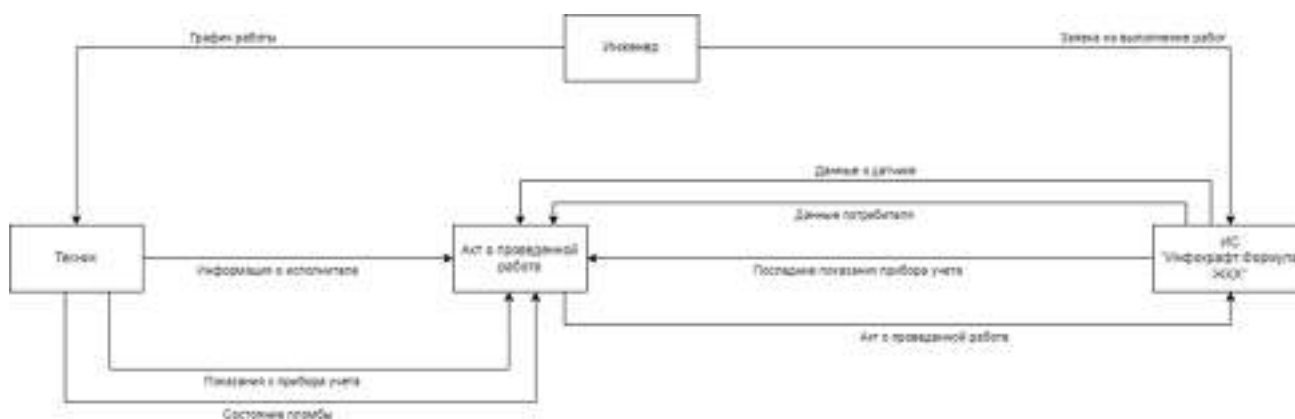


Рисунок 26 – Контекстная диаграмма «Как есть»

Когда будет разработано мобильное приложение, данные о заявке техника будет получать из своего план-графика, а система будет распечатывать только один экземпляр акта о проведенной работе, так как второй будет заполняться в мобильном приложении и сразу же отправляться в систему учета.

Для более четкого понятия работы техника водоканала была построена контекстная диаграмма (Рисунок 27). В диаграмме есть несколько сущностей:

- Техник – человек, совершающий процедуру проверки и формирующий необходимые документы о проверке.

- «ИнфоКрафт:Формула ЖКХ» – программа, ведущая учет всей деятельности МУ «Управление ЖКХ» в городе Ухта.

Основной процесс разрабатываемого мобильного приложения – это «Учет работы техника водоканала». Он служит для того, чтобы описать функции по обработке информации, поступающей в систему.

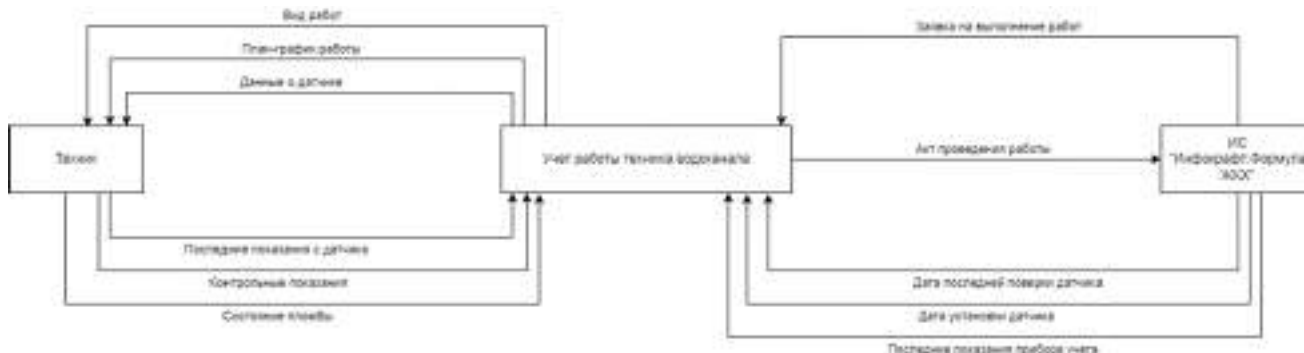


Рисунок 27 – Контекстная диаграмма «Как будет»

Диаграмма потоков данных:

После анализа поставленных функциональных требований можно определить, на какие процессы система может быть декомпозирована, т.е. какие процессы в разрабатываемой системе наиболее важны.

Основными процессами системы являются:

- Сформировать акт о проведенной работе.
- Получить данные о датчике.
- Заполнить данные о датчике на объекте учета.
- Сформировать план-график работы.
- Заполнить показания с объекта учета.
- Сформировать список заявок.

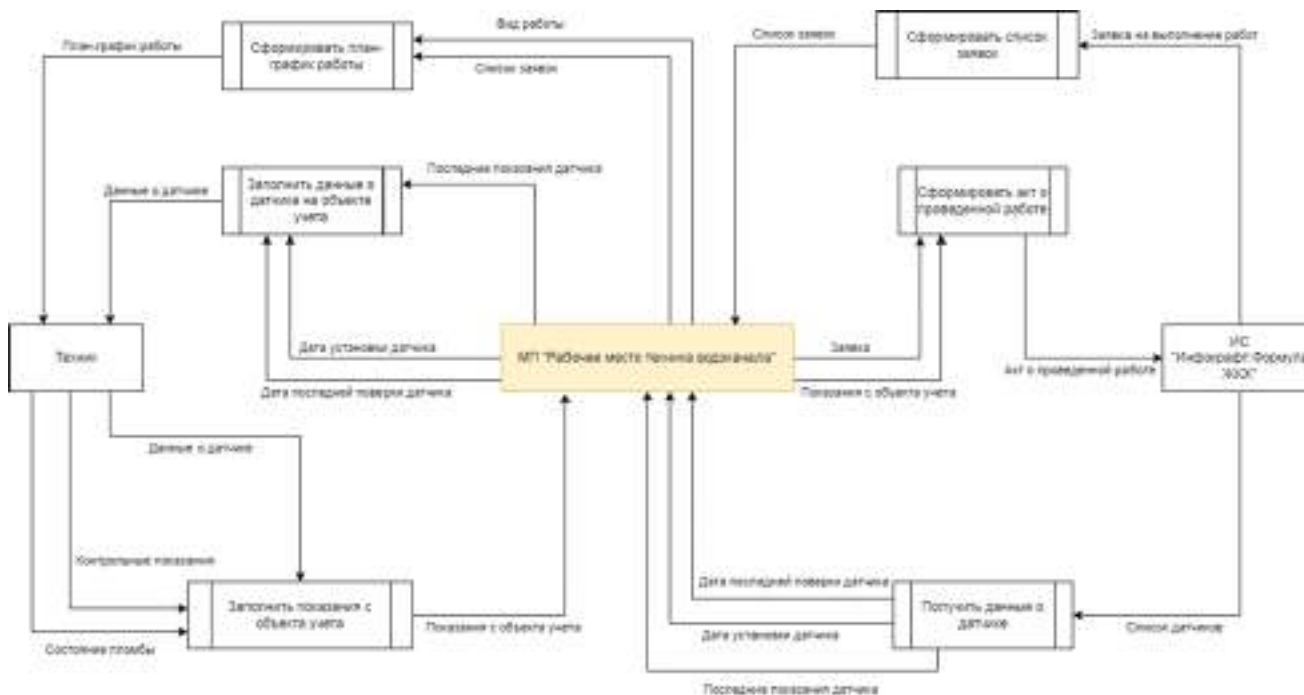


Рисунок 28 – Диаграмма потоков данных

Данная диаграмма является декомпозицией контекстной диаграммы. Она более подробно показывает, как ведут себя и распределяются потоки данных непосредственно внутри

самой системы. Основной процесс разделился на более детальные подпроцессы, а также появляется БД, в которую «стекаются» и хранятся все данные системы.

Было рассмотрено несколько аналогов данной системы:

1. Мобильный инспектор теплосети (МИТ).
2. ЛЭРС Учет.
3. Водоканал:Расчеты с населением.

Сопоставление функций аналогов и разрабатываемой МП представлены в таблице
2.Ошибка! Источник ссылки не найден.Таблица 2 – Сравнение аналогов

Функции системы	МИТ	ЛЭРС Учет	Водоканал: Расчет с населением	Рабочее место техника водоканала
Мобильное приложение	+	+	-	+
Автоматизированное заполнение отчетов	+	+	+	+
Хранение данных о проведенных поверках	+	+	+	+
Загрузка идентификаторов датчиков из системы ГИС ЖКХ	-	-	+	+
Построение план-графика техника	-	+	-	+
Возможность просмотра данных из заявки	+	+	+	+
Возможность просмотра местонахождения заявки на карте	-	+	-	+
Возможность поставить электронную подпись документу о поверке	-	-	-	+
Возможность интегрирования в систему «Инфокрафт:Формула ЖКХ»	-	-	-	+

В результате проведенной работы была изучена процедура учета работы техника водоканала. На основе данных, полученных в ходе исследования предметной области, происходит разработка мобильного приложения «Рабочее место техника водоканала».

Библиографический список:

1. William Clark , Michael J. King, Magic Quadrant for Mobile Enterprise Application Platforms [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/doc/843412> Дата обращения: 27.01.2015
2. Michael J. King, William Clark A. (2011), Gartner RAS Core Research Note, G00211688.

УДК 004.4:371.12.011.3-051:004

Разработка информационной системы «Электронный журнал преподавателя»

Молчанов Д.А., Шилова С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире цифровые технологии окружают нас повсюду, где бы мы не находились. Люди отказываются от бумажного документооборота в сторону электронного, образовательный процесс в данном случае не исключение.

В каждом образовательном учреждении существует определённый протокол, к которому относится соблюдение посещаемости и успеваемости студентов. Фиксируется данная информация в журнале преподавателя. В большинстве школ практикуется использование журналов электронного вида, чего нельзя сказать о высших учебных заведениях, в частности об УГТУ.

На сегодняшний день преподаватели УГТУ используют журналы бумажного вида. Такие журналы позволяют записать только списки студентов, даты проведения занятий, а также зафиксировать присутствие студента на занятии и поставить только одну оценку в случае

присутствия студента, но не предусматривает возможности записать тему занятия. В случае, когда преподаватель на одном занятии выдаёт задания и оценивает их выполнение проставлением баллов, существует необходимость записать тему или номер задания, за которое выставляются эти баллы. Текущий журнал не предоставляет возможности вести такой учет. В связи с этим преподаватели создают удобные для своих нужд таблицы Excel или документы Word. Но поиск и оперативное получение информации о успеваемости в данном случае всё равно занимают много времени.

Так же преподавателям каждый семестр приходится выполнять рутинную работу по заполнению актуальных списков студентов и тем занятий.

Бывают ситуации, когда студенту необходимо сдать долг в срочном порядке, но преподаватель отсутствует по каким-либо причинам, в таком случае есть возможность сдать долг заведующему кафедры, но узнать по какой дисциплине и теме задолженность возможности не предоставляется.

Проведённый анализ выявил необходимость создания информационной системы, которая бы позволила сформировать в едином информационном поле данные о посещении, успеваемости и о содержательном контенте образовательных курсов.

Разрабатываемая система имеет следующие функциональные требования:

- Импорт данных из ИС «Деканат» и ИС «УГТУ»;
- Хранение и обработка данных об успеваемости и учебно-методическом комплексе дисциплины;
- Генерация отчётов;
- Просмотр личной успеваемости студента.

На основе функциональных требований была построена диаграмма потоков данных контекстного уровня (Рисунок 29). На данной диаграмме выделены внешние сущности, которые взаимодействуют с системой, такие как ИС «Деканат» и «УГТУ», преподаватель, заведующий кафедры, декан, проректор и студент. От ИС «Деканат» и «УГТУ» в разработанную систему будут интегрироваться данные о студентах, статусах студентов, дисциплинах, группах, кафедрах и преподавателях.

Таблица 3 – Информационная безопасность

Объект \ Субъект	Преподаватель	Проректор – Декан – Заведующий кафедры	Студент	Админ
Журнал преподавателя	RW	R		+
УМК	RW	R		+
Личная успеваемость			R	

Доступ к объектам в зависимости от субъекта представлены в таблице ниже (Таблица 3).

Условные обозначения:

- R – доступ на чтение;
- W – доступ на запись;
- RW – доступ на чтение и запись
- + – полный доступ;

Разработанная система будет иметь трёхзвенную архитектуру, которая показана ниже (Рисунок 30).

В качестве системы управления базой данных (СУБД) для проекта выбрана реляционная СУБД MySQL. MySQL является свободной свободно распространяемой, т.е. платить за её применение не нужно. Кроме того, она является быстрой и надёжной, а также поддерживается крупнейшим поставщиком серверного оборудования и производителем программного

обеспечения (ПО), корпорацией Oracle.

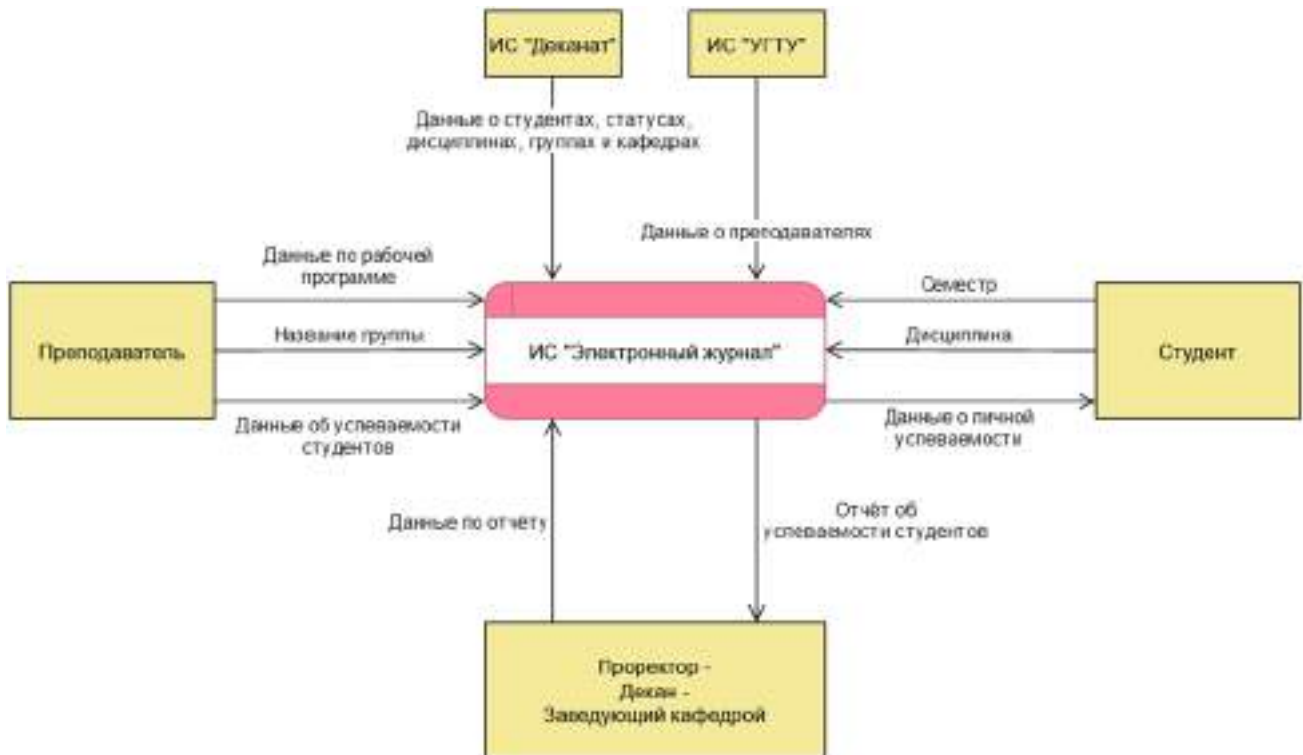


Рисунок 29 – Диаграмма потоков данных контекстного уровня

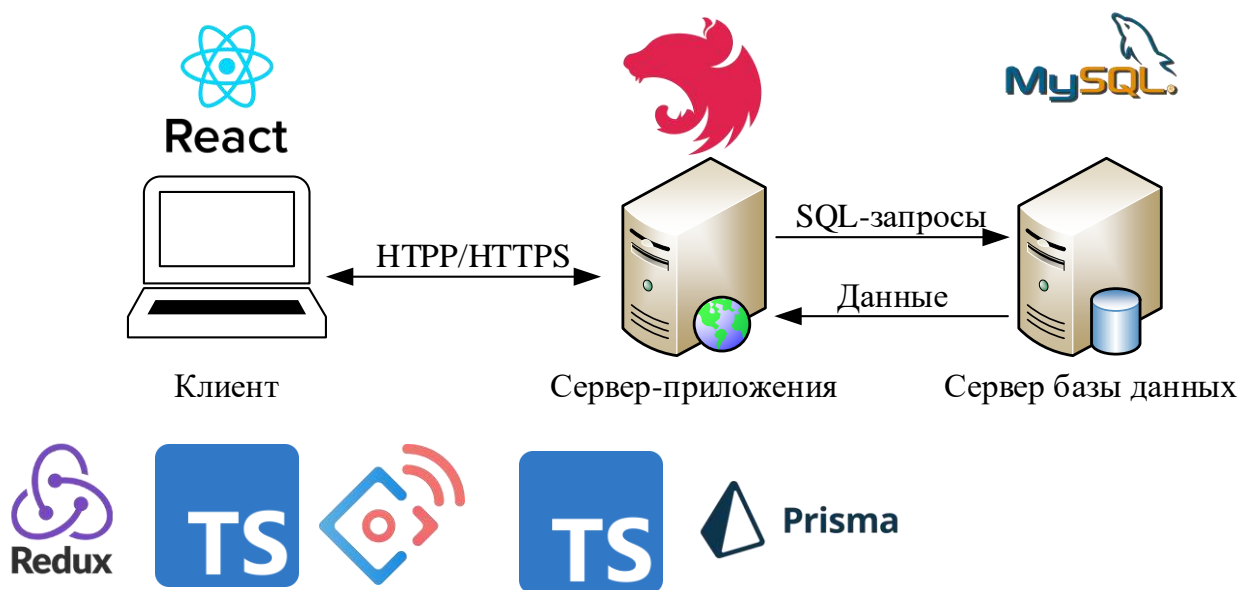


Рисунок 30 – Трёхзвенная архитектура проекта

Сервер приложения будет разработан на языке TypeScript с применением фреймворка NestJS. NestJS является прогрессивной платформой Node.js для создания эффективных, надежных и масштабируемых серверных приложений. Для взаимодействия сервера приложения с сервером БД будет использоваться ORM Prisma. ORM – это технология программирования, которая связывает базы данных с концепциями объектно-ориентированных языков программирования, создавая «виртуальную объектную базу данных», т.е. это прослойка между базой данных и кодом который пишет программист, которая позволяет созданные в программе объекты складывать/получать в/из БД.

Клиентская часть будет представлять из себя веб-приложение. В качестве языка разработки так же будет использоваться язык TypeScript в связке с фреймворком React и библиотекой компонентов Ant Design. React – это JavaScript-библиотека для создания пользовательских интерфейсов. React-разработка заключается в описании того, что нужно вывести на страницу (а не в составлении инструкций для браузера, посвящённых тому, как это делать). Это, кроме прочего, означает значительное сокращение объёмов шаблонного кода. Так же для управления состоянием React приложения будет использоваться Redux Toolkit.

Разрабатываемая система позволит:

- Хранить и обрабатывать информацию в едином информационном поле;
- Сократить время на формирование отчётов;
- Оперативно получать информацию об успеваемости.

Библиографический список:

1. Документация NestJS [Электронный ресурс]. – <https://docs.nestjs.com/> (Дата обращения 11.03.2022).
2. Документация React JS [Электронный ресурс]. – <https://ru.reactjs.org/docs/getting-started.html> (Дата обращения 11.03.2022).
3. Документация Redux Toolkit [Электронный ресурс]. – <https://redux-toolkit.js.org/tutorials/overview> (Дата обращения 11.03.2022).

УДК 374:004.9

Разработка информационной системы «Детский центр «Кубик»

Осташова Я.В.

Научный руководитель - Дорогобед А.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Данная работа посвящена предпроектному анализу разработки информационной системы для детского центра «Кубик».

Разработанное приложение позволит автоматизировать процессы учета студентов и преподавателей, обеспечит круглосуточный доступ учеников к материалам курса, облегчит процесс сдачи домашнего задания напрямую преподавателю, без использования сторонних приложений, позволит формировать отчеты и будет привлекать новых потенциальных клиентов.

В данной работе проводится анализ предметной области, составляется характеристика предприятия, описывается существующий технологический процесс в центре, определяются границы информационной системы.

После предпроектного анализа приводится развернутое описание требований к системе и задач, которые необходимо выполнить для достижения главной цели – разработке информационной системы для детского центра «Кубик».

Чтобы избежать ошибок и, возможно, перенять какие-либо функции в свою систему рассматриваются аналоги подобной систем. Сопоставляются функции аналогов и разрабатываемой ИС. Приводится обоснование необходимости разрабатываемой ИС.

В технологическом разделе определяется архитектура системы, обосновывается выбор средств проектирования и разработки.

Определяются требования к дизайну и на их основе разрабатываются эскизы страниц. После утверждения эскизов заказчиком и устранения всех недочетов разрабатывается макет будущей информационной системы.

В заключении подводятся итоги и оцениваются результаты работы.

Сегодня сложно представить свою жизнь без информационных технологий, ведь они используются во всех сферах жизнедеятельности человека, в том числе в образовании.

Применение информационных технологий в образовании способствуют большому удобству и

доступности учебного и рабочего процесса, а также более эффективной их организации.

К преимуществам применения информационных технологий в образовании можно отнести следующее:

- электронные материалы онлайн, доступные в любой момент времени;
- дистанционное обучение;
- электронные базы, содержащие оценки, расписание, напоминания;
- доступ родителей к оценкам ребенка и возможность регулярного контроля;
- возможность проведения разных видов тестов для учеников и студентов;
- возможность быстро и своевременно оповещать всех учеников и работников образовательных учреждений о важных новостях и чрезвычайных событиях;

Целью данной работы является описание предпроектного анализа по разработке информационной системы для автоматизации работы детского центра «Кубик».

Объектом исследования является деятельность детского центра «Кубик», включающая в себя процессы, начиная от знакомства клиента с центром и записи его на пробный урок до длительного обучения студентов с проверкой на оплату и учета посещений.

Несмотря на все преимущества применения информационных технологий до сих пор многие образовательные учреждения, в том числе детский центр «Кубик», по-прежнему работают на бумажных носителях и не используют информационные технологии в своей деятельности.

Актуальность выбранной темы связана с необходимостью автоматизирования процесса организации работы в детском центре, что позволит:

- обеспечить круглосуточный доступ учеников к материалам курса;
- автоматизировать учет курсов;
- привлечь новых клиентов;
- автоматизировать организацию работы школы;
- быстро информировать всех участников процесса о новостях или чрезвычайных ситуациях;
- автоматизировать процесс составления расписания уроков;
- упростит процедуру сдачи домашнего задания;
- следить за успеваемостью и посещаемостью учеников.

Заказчиком является ИП Уляшова Т. Л., которая является директором школы программирования «Детский центр «Кубик»».

Детский центр «Кубик» – центр обучения, развлечения и досуга детей от 5 до 16 лет в городе Ухта.

«Кубик» открылся год назад (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) как школа программирования «Чемпионика Диджитал», но некоторое время назад руководство решило не ограничиваться только программированием и добавить еще курсы других направлений и произвела ребрендинг.

Детский центр находится по адресу г.Ухта, ул. Тиманская, д.13. На данный момент центр проводит обучение по 10 программам.

Во главе школы находится директор.

Работа в центре происходит по следующей схеме: родитель знакомится с курсами, которые предлагает центр. Он может сделать это несколькими способами:

- Посмотреть в социальных сетях (Вконтакте, инстаграмм)
- Позвонить или написать в школу.
- Прийти в школу.

Если какой-либо курс заинтересовал родителя, то он записывает ребенка на пробный урок. При подаче заявки родитель оставляет свои контактные данные.

Процесс деятельности детского центра показан на DFD диаграмме (Рисунок 1), (Рисунок 2).

Описание целей и задач

Главной целью является описание предпроектного анализа для разработки информационной системы.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- Формирование требований
 - 1) Изучение предметной области.
 - 2) Обоснование необходимости создания ИС;
 - 3) Сбор и анализ требований.
 - 4) Обзор аналогов.
- Проектирование
 - 1) Утверждение цветовой гаммы.
 - 2) Разработка и демонстрация эскизов.
 - 3) Разработка и утверждение дизайна.
 - 4) Разработка интерфейсного прототипа.

При разработке структуры и выборе дизайна будущей системы необходимо выявить особенности систем подобной тематики, чтобы избежать возможных повторений и ошибок в оформлении, и в свою очередь, проанализировав достоинства конкурентов, возможно, перенять их.

Было рассмотрено 3 аналога:

1. АльфаCRM;
2. HOLLNOR;
3. Мой класс.

Сопоставление функций аналогов и разрабатываемой ИС представлены в таблице

4.Ошибка! Источник ссылки не найден. Таблица 4 - Сравнение аналогов

Критерий/Система	АльфаCRM	HOLLNOR	Мой класс	«Кубик»
Хранение данных об учениках	-	+	+	+
Хранение данных о родителях	-	-	-	+
Хранение данных о преподавателях	+	+	-	+
Материалы для учеников и преподавателей	-	-	-	+
Составление расписания	+	+	+	+
Журнал посещаемости	+	+	+	+
Настройка доступа	+	-	-	+
Возможность записи на пробный урок	-	-	-	+
Предоставление информации потенциальным клиентам	-	-	-	+
Связь с преподавателем	-	-	-	+
Составление списка задач	+	+	+	+
Интеграция со сторонними сервисами	+	-	+	-
Онлайн оплата	+	+	+	-
Личный кабинет ученика	+	+	-	+
Адаптивная верстка	+	+	+	+

Изучив аналоги систем можно сделать вывод, что каждая система имеет свои достоинства и недостатки, но ни одна система не удовлетворяет всем необходимым требованиям в полной мере, что еще раз подтверждает актуальность выбранной темы

Было решено, что сайт не должен состоять из множества страниц, а вся информация должна находиться на главной странице (Рисунок 33,



ПОМОЖЕМ С ВЫБОРОМ

Консультация

О НАС

Детский центр "Кубик" - это место, где дети могут получить знания в игровой форме по разным направлениям: программирование, рисование, финансовая грамотность и цифровое творчество.

Все курсы составлены профессиональными методистами с учетом возрастных возможностей ребенка.

Наш адрес:
Ухта, ул.Тиманская, д.13



ОТВЕТЫ НА ЧАСТЫЕ ВОПРОСЫ

- Что такое для детей в сфере IT?
- Какую роль играет программирование, зачем изучать языки программирования?
- Что такое роботика и зачем ее изучать детям, как программировать?
- Как часто собираются группы?
- Безопасность детей?
- Курсовые материалы, дополнительные программы, дополнительные обучающие?

ЗАПОЛНИТЕ ФОРМУ

Мы хотели бы подобрать курс, если вы хотите ребенка и ответить на все вопросы

Рисунок 34, Рисунок 35, Рисунок 36, Рисунок 37). Для удобства пользования необходимо добавить кнопки, которые будут перекидывать пользователя на нужное место на странице.

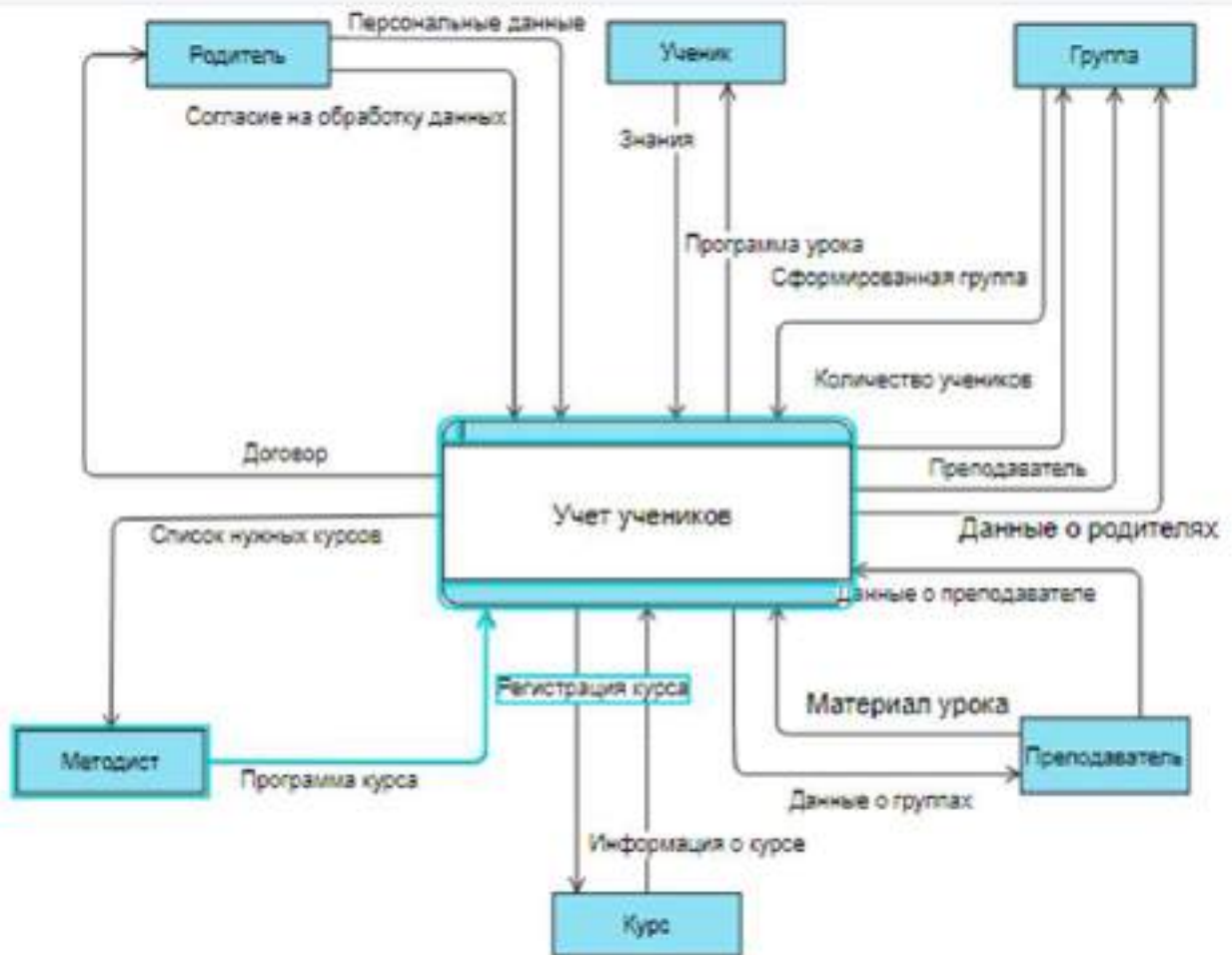


Рисунок 31 – Диаграмма потоков данных.

Страница «О курсе» (Рисунок 38) должна содержать краткое описание того, что будет изучаться на данном курсе, а также основная информация о том, сколько уроков в неделю, длительность курса и т.д.

Также страница «О курсе» должна иметь форму записи на пробный урок (

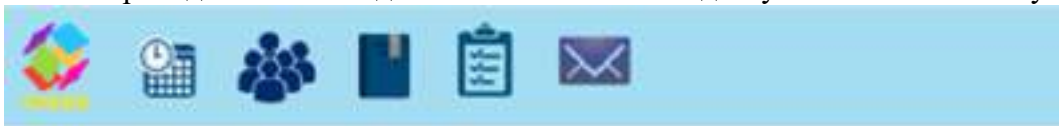




Рисунок 39

Рисунок 39) и предлагать похожие по тематике и по возрасту курсы (Рисунок 40).

Преподаватель должен иметь доступ к списку учеников (

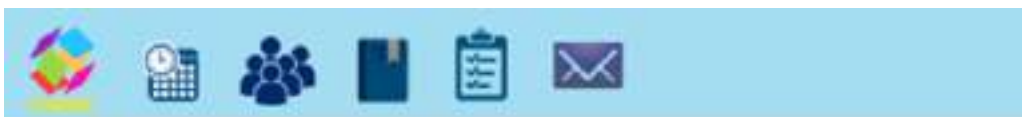


Имя Группа

Бабочкина Анастасия Егоровна	КГ1
Барашкин Евгений Антонович	ВБ1
Васильев Виталий Олегович	СК1
Васнецова Дарья Сергеевна	СК1
Васьменов Роман Константинович	КГ2
Гаврилов Дмитрий Иванович	КГ2
Горбачева Кристина Анатольевна	ВБ1
Громов Арнадий Алешерович	Ф1
Донцова Дарья Васильевна	КГ1

Рисунок 42), а также возможность просматривать информацию о них (Рисунок 43).

Преподаватель должен иметь доступ к списку всех уроков по курсу (



Уроки

Информация о курсе
Другие курсы по предмету
Учитель курса: Татьяна
Как часто проводятся занятия?
История курса
Поддержка преподавателя
Оценки преподавателей
Как часто проводятся?
Ученики курса: Мария
Преподаватель курса: Елена

Рисунок 44), а также к материалам урока (Рисунок 45).

Страница ученика выполнена по аналогии со страницей преподавателя, за исключением пункта информации об учениках.

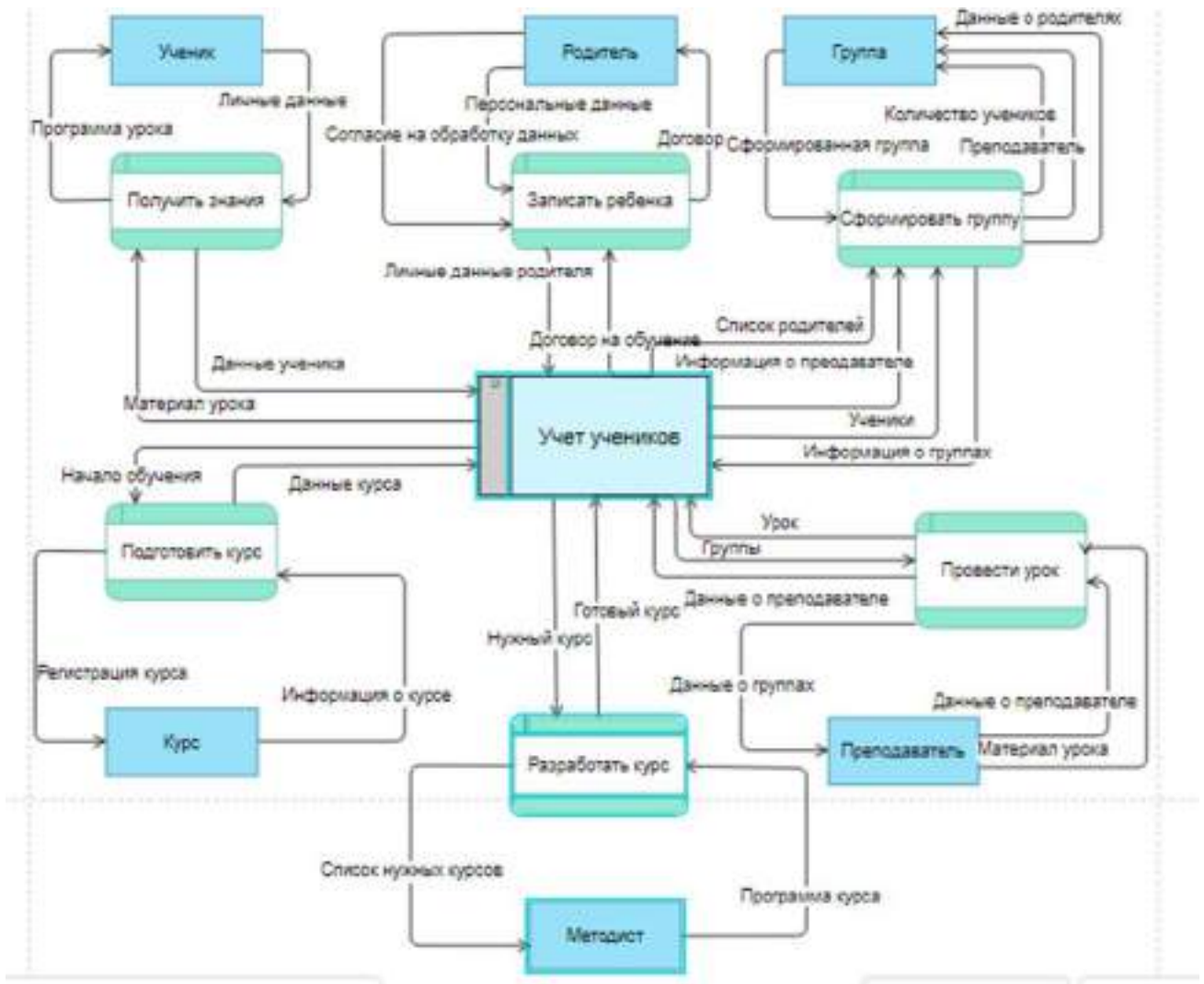


Рисунок 32 – Диаграмма потоков данных



Рисунок 33 - Главная страница



Рисунок 34 – Продолжение главной страницы

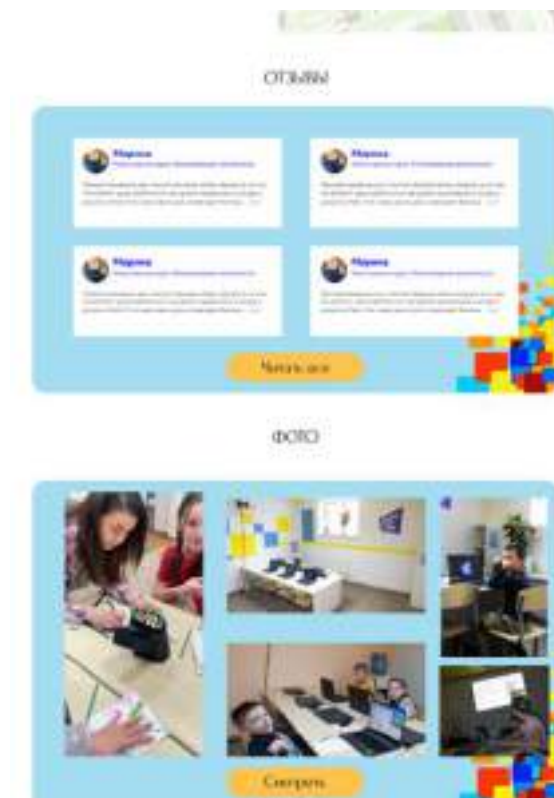


Рисунок 35 - Продолжение главной страницы 2



Рисунок 36 - Продолжение главной страницы 3

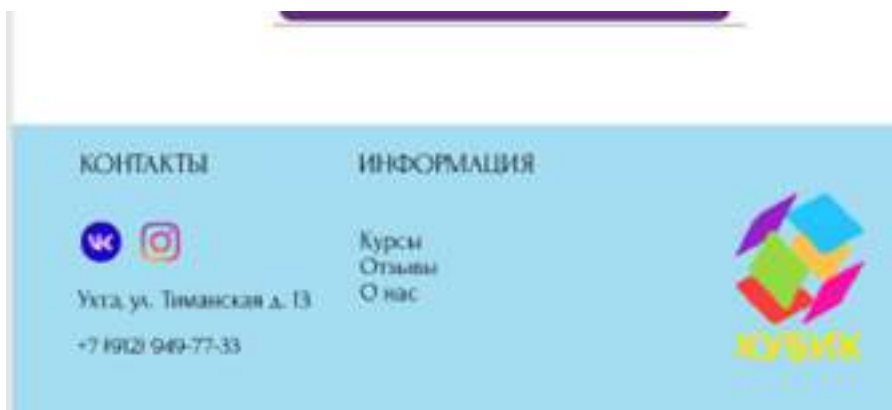


Рисунок 37 – Футер

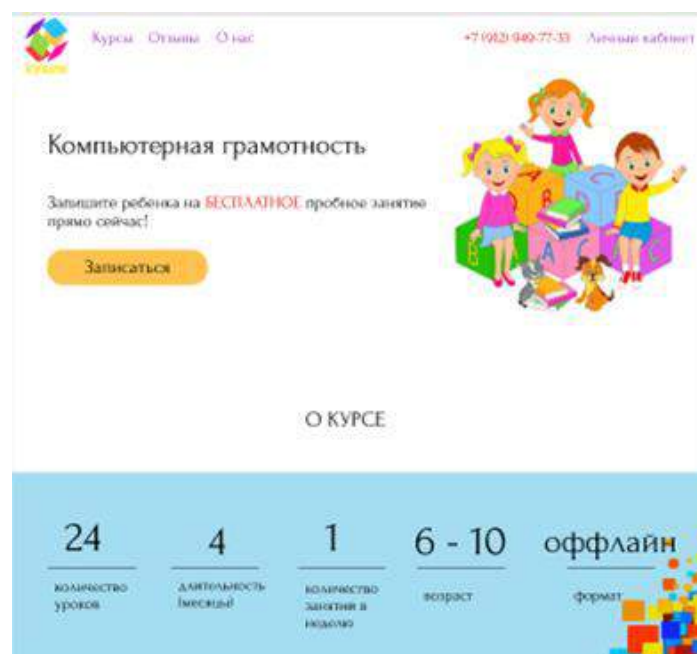


Рисунок 38 - Страница "О курсе"



Рисунок 39 - Продолжение страницы "О курсе"

ВАМ ТАКЖЕ МОЖЕТ ПОНРАВИТСЯ



Рисунок 40 - Продолжение страницы "О курсе" 2



Сегодня


24.06 - 30.06

День Неделя Месяц

Абд.	ср, 24.06		чт, 25.06		пт, 26.06		сб, 27.06		вс, 28.06		пн, 29.06		вт, 30.06	
	101	102	101	102	101	102	101	102	101	102	101	102	101	102
9:00	09:00-10:00 Салыс - Урп. Весына Еле	09:00-10:00 Break dance Катустын Рн.	09:00-09:45 Индивидуал.	09:30-10:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	09:30-10:00 Салыс - Урп. Весына Еле.	09:00-10:00 Break dance Кароон Елр.	09:00-09:45 Индивидуал.	09:00-10:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	09:00-10:00 Салыс - Урп. Весына Еле.	09:00-10:00 Break dance Кароон Елр.	09:00-09:45 Индивидуал.	09:00-10:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	09:00-10:00 Салыс - Урп. Весына Еле.	09:00-10:00 Break dance Кароон Елр.
10:00	10:00-10:45 Индивидуал.		10:00-10:45 Индивидуал.		10:00-11:00 Break dance Кароон Елр.	10:00-11:00 Нр-Нр - Грп. Обруч Сер.			10:00-11:00 Break dance Кароон Елр.	10:00-11:00 Нр-Нр - Грп. Обруч Сер.				
11:00		11:00-12:00 Break dance Катустын Рн.	11:00-12:00 Break dance Катустын Рн.		11:00-11:45 Индивидуал.	11:00-12:00 Break dance Катустын Рн.	11:00-12:00 Break dance Кароон Елр.				11:00-12:00 Break dance Катустын Рн.		11:00-12:00 Индивидуал. Домоикса.	11:00-12:00 Индивидуал.
12:00	12:00-13:00 Салыс - Дн. Весына Еле.				12:00-13:00 Индивидуал.				12:00-13:00 Салыс - Дн. Весына Еле.		12:00-13:00 Индивидуал.			
13:00		12:30-13:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.	12:30-13:15 Индивидуал.	12:30-14:00 Не работает	Салыс - Дн. Весына Еле.	12:30-13:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.	12:30-13:15 Индивидуал.	12:30-14:00 Не работает	Салыс - Дн. Весына Еле.	12:30-13:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.				
14:00	13:30-14:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.		13:30-14:15 Индивидуал.		13:30-14:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.	13:30-14:15 Индивидуал.	13:30-14:15 Индивидуал.		13:30-14:30 Нр-Нр - Грп. Катустын Рн.					
15:00		14:00-15:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	14:30-15:30 Break dance Кароон Елр.	14:00-15:00 Индивидуал. Велюкка.		14:00-15:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	14:00-15:30 Break dance Кароон Елр.	14:00-15:00 Индивидуал. Велюкка.		14:00-15:30 Шифр - Ноа. Шыкм Плэт.	14:00-15:30 Break dance Кароон Елр.			


■ Нр-Нр, Группа М1 ■ Нр-Нр, Группа М2 ■ Индивидуальное обучение, Сопереатору ■ Break dance, Верюкка ■ Индивидуальное обучение, Стрелы ■ Нр-Нр, Группа М4
■ Салыс, Урпенка группа ■ Салыс, Дитюва группа ■ Break dance, Рн ■ Индивидуальное обучение, Латва ■ Шифр, Ноаикса ■ Шифр, Вторая ступень ■ Нр-Нр, Группа М1
■ Нр-Нр, Группа М1 ■ Нр-Нр, Группа М2 ■ Индивидуальное обучение, Сопереатору ■ Break dance, Верюкка ■ Индивидуальное обучение, Стрелы ■ Нр-Нр, Группа М4
■ Салыс, Урпенка группа ■ Салыс, Дитюва группа ■ Break dance, Рн ■ Индивидуальное обучение, Латва ■ Шифр, Ноаикса ■ Шифр, Вторая ступень

Рисунок 41 - Расписание преподавателя



Имя	Группа
Бабочкина Анастасия Егоровна	КГ1
Барашкин Евгений Антонович	ВБ1
Васильев Виталий Олегович	СК1
Васнецова Дарья Сергеевна	СК1
Васьмов Роман Константинович	КГ2
Гаврилов Дмитрий Иванович	КГ2
Горбачева Кристина Анатольевна	ВБ1
Громов Аркадий Алишерович	Ф1
Донцова Дарья Васильевна	КГ1

Рисунок 42 - Список учеников



Ученик

Фамилия:

Имя:

Дата рождения: Возраст:

Пол:

Доп. информация

Логин:

Пароль:

Ошиб:

Инициал:

Родитель

Имя родителя:

Тел. родителя:

E-mail:

Доп. информация:

Рисунок 43 - Редактирование ученика

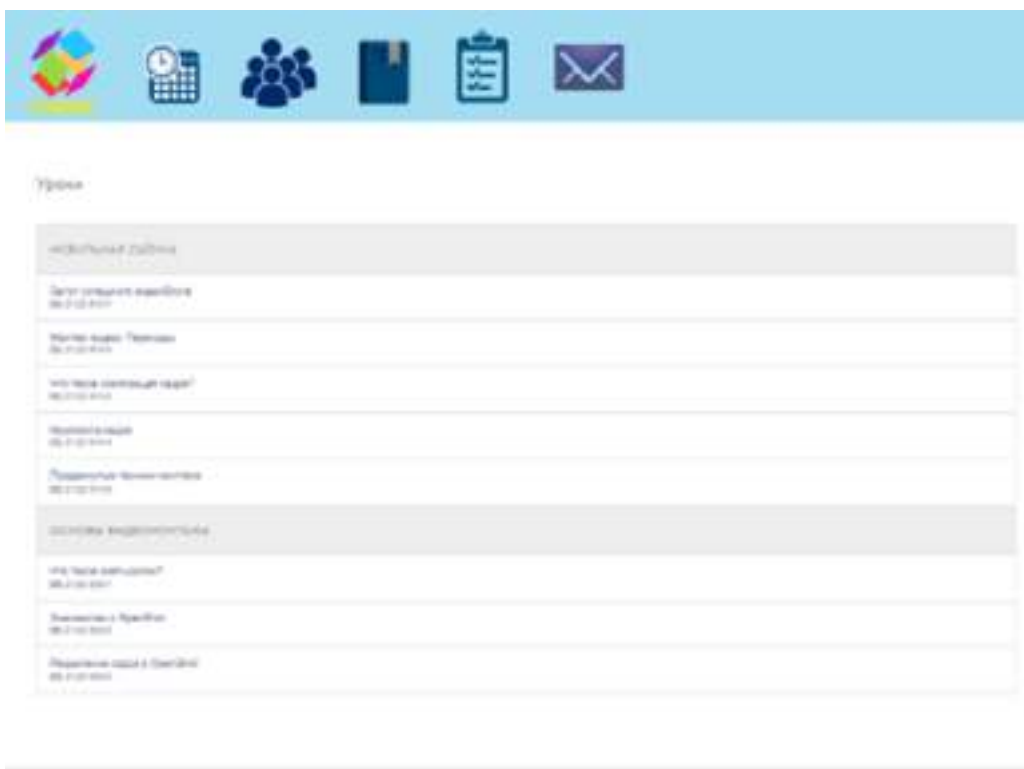


Рисунок 44 - Список уроков

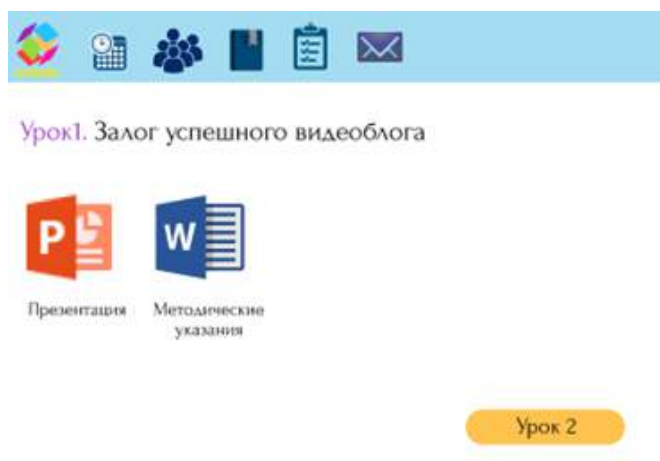


Рисунок 45 - Материалы урока

Библиографический список:

1. Инюшкина О. Г. Проектирование информационных систем – Екатеринбург.: «Форт-Диалог Исеть», 2014 – 240с.
2. Коцюба И. Ю., Чунаев А.В., Шиков А. Н. Основы проектирования информационных систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 206 с.
3. Грекул В. И., Коровкина Н. Л., Куприянов Ю. В. Проектирование информационных систем. Практикум: Учебное пособие — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» 2012. — 187 с.
4. Спицина И.А., Аксенов К. А, Применение системного анализа при разработке пользовательского интерфейса информационных систем : учеб. пособие — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 100 с.
5. Гвоздева Т.В. Проектирование информационных систем: учеб. пособие / Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. –508 с.

Быстродействие обработки коллекций в различных окружениях языка C#

Рочев К.В., Базарова А.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Статья посвящена анализу результатов измерений быстродействия операций по обработке различных коллекций, предоставляемых средой .NET CLR в разных окружениях: WPF, Unity на ноутбуке и телефоне для демонстрации различий в скорости выполнения тех или иных функций.

Ключевые слова: быстродействие, оптимизация кода, производительность, C#, WPF, DOT.NET Framework, Unity, CLR, коллекции.

The article is devoted to the analysis of the results of measuring the speed of operations for processing various collections provided by the environment.NET CLR in different environments: WPF, Unity on a laptop and a phone to demonstrate differences in the speed of certain functions.

Keywords: code optimization, performance, C#, WPF, DOT.NET Framework, Unity, collections.

Вычислительные возможности современных ЭВМ достаточно велики. Тем не менее, растущие объёмы данных, зачастую, требуют применения оптимальных алгоритмов их обработки. Часто в программировании одного и того же результата можно добиться множеством разных способов, некоторые из которых будут работать в тысячи или даже миллионы раз быстрее других. При обработке больших объёмов данных наибольший прирост и падение производительности вычислений, производимых в оперативной памяти ЭВМ, обычно зависит от правильности использования данных, собранных в последовательности, обычно называемые коллекциями.

Для увеличения производительности программного обеспечения используются различные методы. Наиболее распространёнными из них являются:

- 1) оптимизация кода средствами разработки, применяемая на разных фазах компиляции [1];
- 2) механизмы распараллеливания задач для их выполнения на нескольких ядрах вычислительной системы одновременно [2];
- 3) профилирование быстродействия программного кода на основе инструментальных средств, предоставляемых средой разработки [3];
- 4) профилирование с помощью собственной реализации замеров быстродействия под конкретную задачу;
- 5) написание эффективных алгоритмов, правильное использование структур данных и функций над ними, которое, зачастую, требует наибольших знаний и предварительных исследований.

Настоящая статья посвящена методам оптимизации программного обеспечения, обозначенным в п. 3 и 4 представленного списка. Основной упор делается на изучение быстродействия коллекций. Анализ производится на примере языка C# в разных окружениях, таких как WPF, Windows forms, Unity и в разных фреймворках: классический, Core, Mono, Xamarin. Рассмотрены несколько версий средств разработки и запуска кода (далее – фреймворк) и видов выполняемого проекта с тем, чтобы оценить различие в скорости выполнения тех или иных функций.

Для измерения производительности участков кода авторами реализована компактная библиотека классов, которая подключается к разным средам её выполнения. Базовая данной библиотеки представлена ранее [4].

Оценка быстродействия реализованного тестового окружения (а именно того, насколько велики накладные расходы на вызов функций в отдельном потоке через делегат, включающий в себя ссылку на функцию) проведена на основе замеров времени обращения к функциям, полям и свойствам класса, длительность вызова сопоставима с временем обращения к упомянутым переменным, что говорит о возможности профилирования с достаточной точностью [5].

В новой версии система дополнена возможностью хранения данных, полученных при измерениях, в кластере MongoDB.

Измерения проводились на компьютере ASUS UX553F: i7-8563U, 1.8 GHz, 8Г ОЗУ, Windows 10 x64 и на телефоне Huawei P30.

Время выполнения типовых операций, например, вызов функции, обращение к полям класса, сложение и т.п. в тестовом окружении на обоих устройствах составляет порядка 1-5 наносекунд и от устройства почти не зависят. Поэтому будем сравнивать в качестве примера выполнение обработки коллекций на этих двух устройствах, хоть и с некоторыми оговорками. В среднем по всем тестам телефон работает медленнее ноутбука в 2 раза, но нас будут интересовать существенные различия в быстродействии основных функций отдельных коллекций. Во многих случаях разница весьма существенная – в десятки сотни раз, поэтому, чтобы показать сопоставление наглядно, воспользуемся логарифмической шкалой.

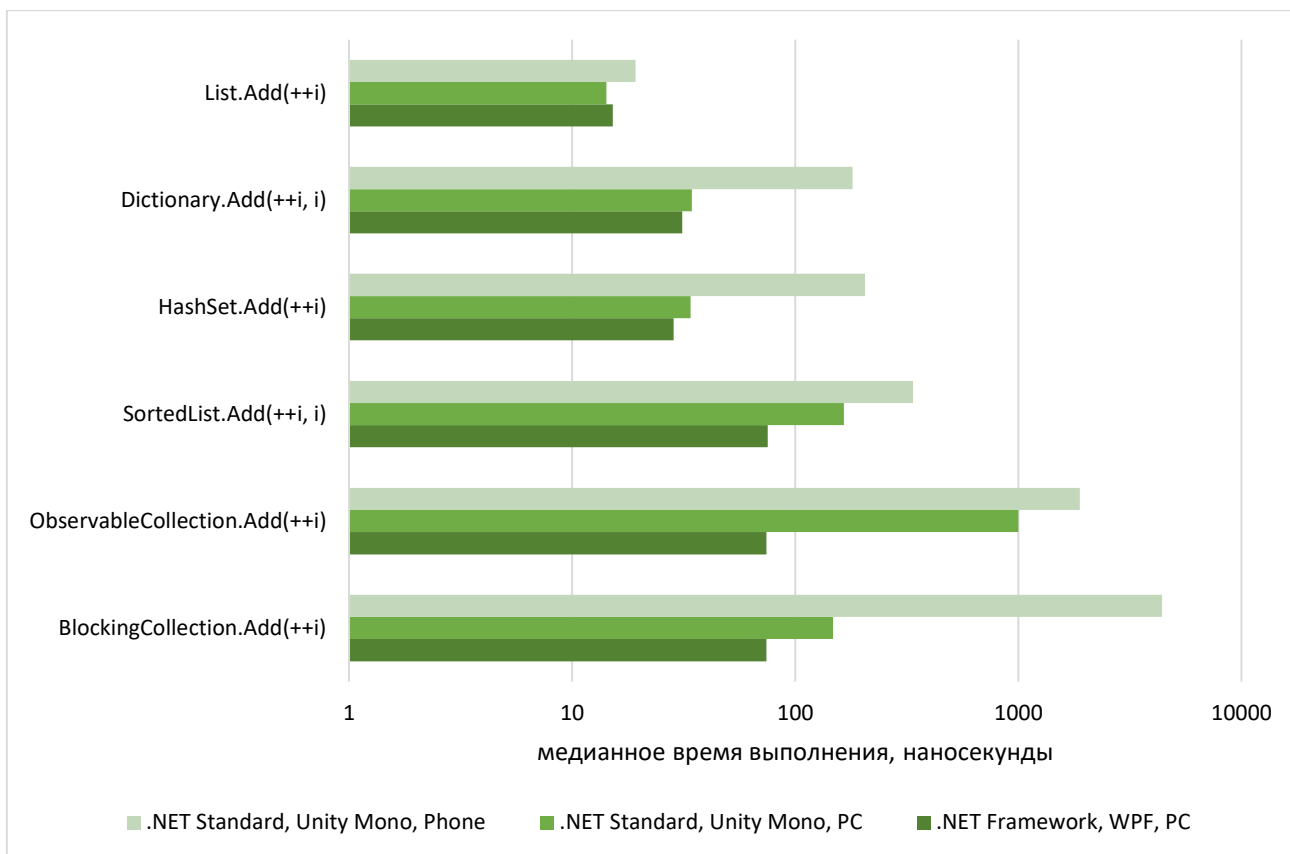


Рисунок 1 - Время добавления элементов в разные коллекции данных

На рисунке 1 показано время добавления данных в коллекции. Здесь можно отметить существенные задержки блокирующей коллекции при выполнении на телефоне. Также видна просадка скорости добавления для словаря, хэшсета, но менее существенная. Коллекция с уведомлениями, в целом, хуже показывается себя в mono-реализации (в 13.5 раз на одном и том же ноутбуке). В то время, как простой список работает примерно с одинаковой скоростью во всех окружениях.

Как видно из рисунка 2, при 100 элементах в коллекции HashSet и Dictionary уже дают заметный прирост производительности поиска за счет алгоритмов хэширования и константной сложности обращения, и, чем больше элементов, тем больше будет этот выигрыш. При 100 элементах прирост примерно в 20 раз по сравнению с обычным поиском перебором.

Что касается подсчета вхождения элементов в коллекции, оно выполняется с помощью функций LINQ и везде примерно одинаково по времени, т.к. реализация одна и та же (Рисунок 3). Это же можно сказать про поиск элементов с помощью LastOrDefault, FirstOrDefault (Рисунок 2).

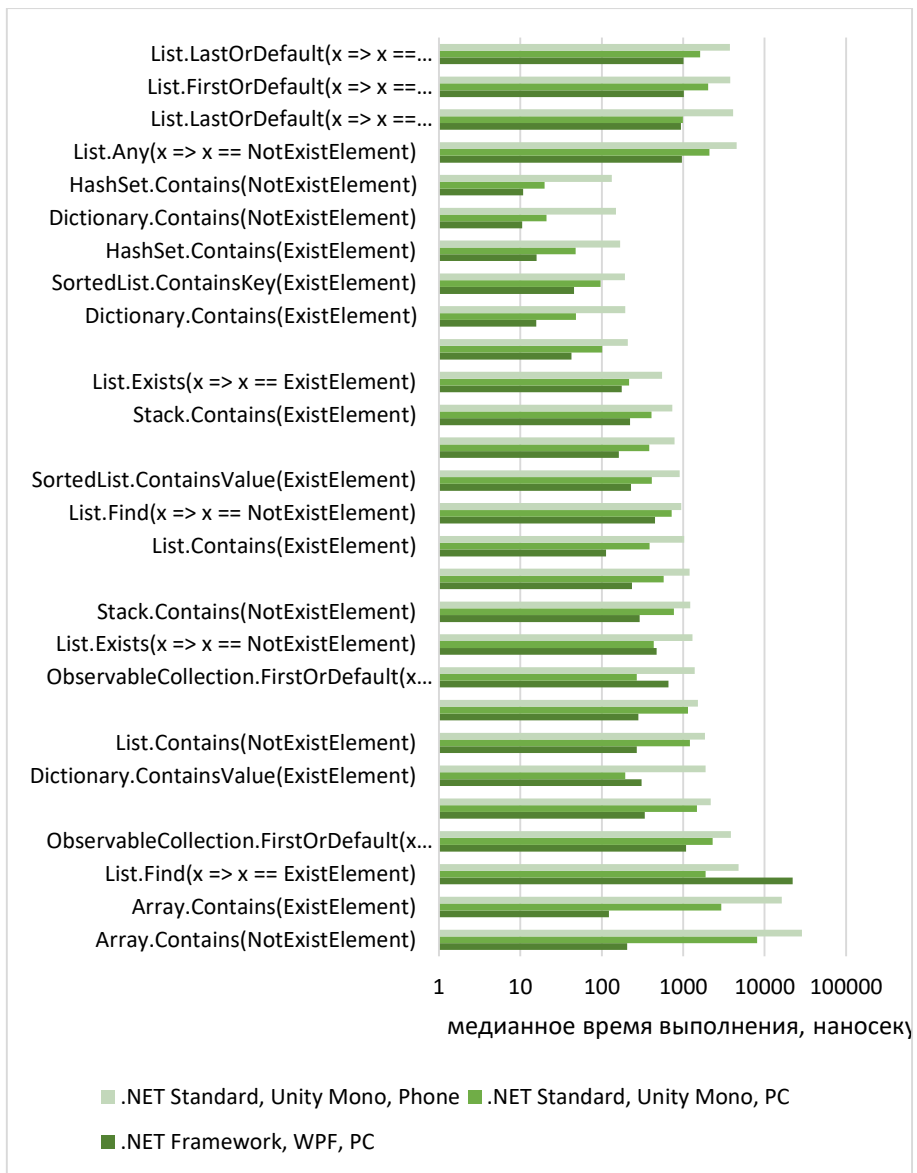


Рисунок 2 - Время поиска элемента в различных коллекциях

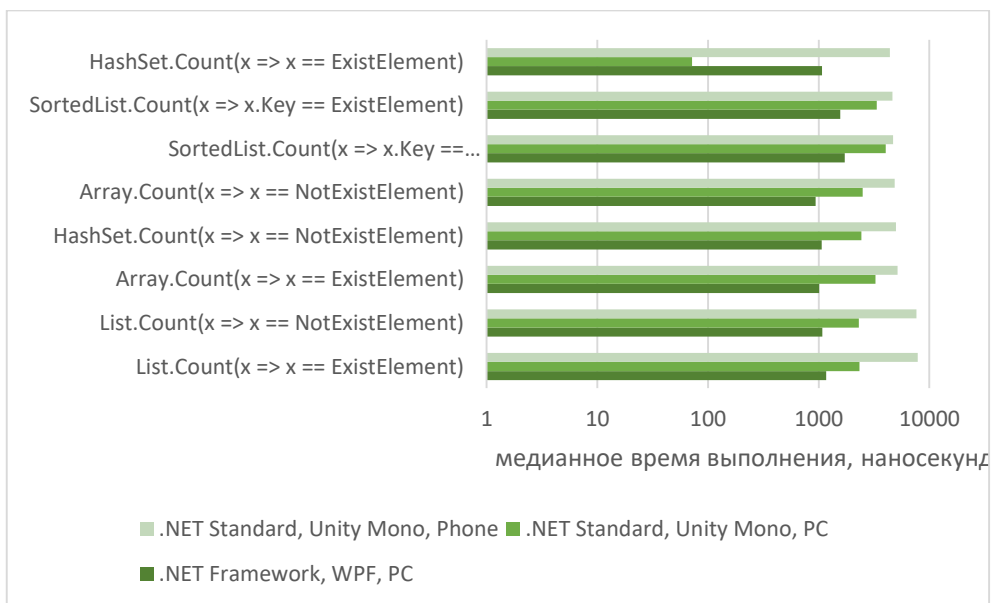


Рисунок 3 - Время подсчета вхождения элементов

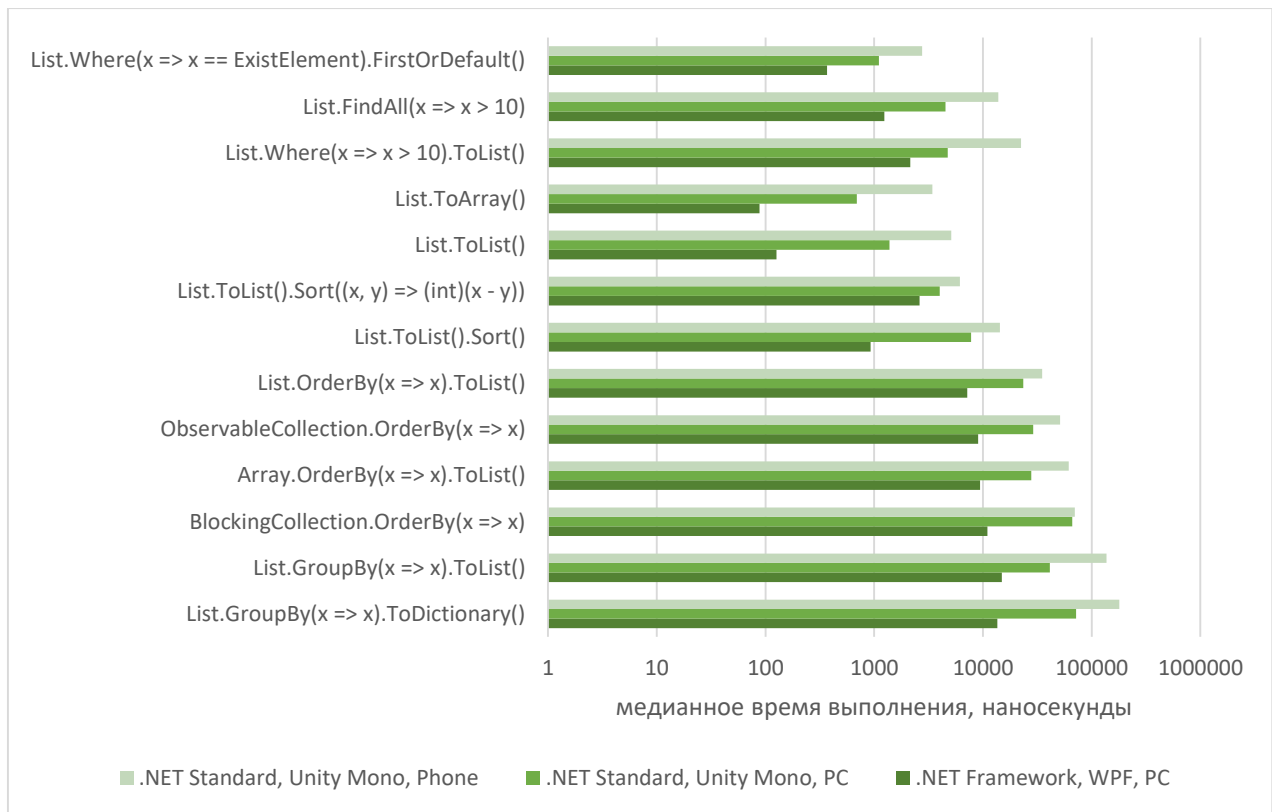


Рисунок 4 - Время подсчета вхождения элементов

На 4 рисунке представлены более разнообразные функции:

1) выборка – FindAll (функция класса List) эффективнее, чем Where (универсальная функция LINQ) в 1-2 раза;

2) сортировка – Sort (функция класса List) эффективнее, чем OrderBy (универсальная функция LINQ) в 5-10 раз;

3) группировка – GroupBy – рассмотрена только с помощью LINQ и по производительности для 100 элементов сравнима с сортировкой.

Таблица 1. Сопоставление производительности обработки операций в разных окружениях по группам

Количество элементов	.NET Framework, WPF, PC	.NET Standard, Unity Mono, PC	.NET Standard, Unity Mono, Phone	Unity/WPF	Phone/WPF
Базовые математические операции	64	141	845	219%	1317%
Коллекции с 1 элементом	51	220	707	431%	1387%
Коллекции с 10 элементами	161	772	1795	478%	1112%
Коллекции с 100 элементами	1740	5056	11115	291%	639%
Коллекции с 1000 элементами	18325	45199	90247	247%	492%
Строковые операции	292	847	2777	290%	951%
Рефлексия	58	898	2634	1548%	4538%
dynamic	19	1259	2079	6802%	11229%

По итогам проведенных измерений для различных функций работы с коллекциями в среде выполнения Unity Mono. NET Standard время операций с коллекциями размером 100 элементов происходит, в среднем, дольше чем в среде WPF .NET Framework 4.6 примерно в 3 раза (Таблица 1). На телефоне выполнение проходит, в среднем, еще в 2 раза медленнее.

Наибольшую просадку быстродействия в отношении классического .NET Framework WPF показывают механизмы отражения (reflection), особенно, dynamic.

Таким образом можно заметить, что при близких результатах измерений по большинству рассмотренных операций, даже в родственных средах на одном и том же языке программирования в отдельных случаях есть принципиальные различия быстродействия часто используемых операций. Такие различия следует учитывать при написании программного обеспечения, в котором требуется высокая производительность. Хотя в большинстве ситуаций куда более существенное влияние на быстродействие ПО оказывает правильный выбор алгоритмов и типов данных, например, использование словарей, хэш-коллекций и иных специально оптимизированных под конкретные задачи решений.

Библиографический список:

1. Четверина О. А. Повышение производительности кода при однофазной компиляции // Программирование. – 2016. № 1. – С. 51-59.
2. Джойша П. Г., Шрайбер Р. С., Банерджи П., Боэм Х.-Дж., Чакрабарти Д.Р. О методике прозрачного расширения возможностей классических оптимизаций компилятора для многопоточного кода // Транзакции АСМ для языков программирования и систем. – 2012. – Т. 34. № 2.
3. Дараган Е. И. Система анализа производительности программного кода // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 9-2. – С. 89-94.
4. Рочев К. В. Анализ быстродействия типовых операций языка С# на платформах DOT.NET и Mono // Информационные технологии в управлении и экономике. – 2019. – № 1. – С. 7-19.
5. Рочев К. В. Анализ быстродействия строковых операций языка С# на разных платформах // Программная инженерия. – 2019. – № 6. – С. 274-280.

УДК 004.6

Наука о данных и Python

Ясеновец А.В., Семяшкин Е.А.

Научный руководитель - Сочко С.С.

Ухтинский Государственный Технический Университет, г. Ухта, Россия

Python — объектно-ориентированный сценарный язык, с бесплатным общедоступным проектом, имеющий открытый код. Официально опубликован в 1991 году.

За счет бескрайней подборки стандартных и сторонних библиотек с открытым кодом Python повышает эффективность работы разработчика, а ещё – это популярный язык для решения задач искусственного интеллекта. Данная область развивается со стремительной скоростью, потому что она связана с областью data science.

Целями нашего проекта являются освоение методов визуализации потоков данных и машинное обучение на языке Python с помощью встроенных библиотек. Задачами стали визуализация бросков шестигранного кубика и обучение модели прогноза погоды.

Для выполнения данной работы использовались следующие инструменты (Таблица 5).

В data science статистические показатели часто используются для описания и обобщения данных.

Наиболее часто применяемые модули стандартной библиотеки Python:

collections — структуры данных помимо списков, кортежей, словарей и множеств.

Криптографические модули — шифрование данных для безопасной передачи.

csv — обработка файлов с данными, разделенными запятыми (по аналогии с Excel).

datetime — работа с датой и временем (а также модули time и calendar).

decimal — вычисления с фиксированной и плавающей точкой, включая денежные вычисления

doctest — внедрение проверочных тестов и ожидаемых результатов в doc-строки для простого модульного тестирования.

gettext и locale — модули интернационализации и локализации.

json — обработка формата JSON (JavaScript Object Notation), используемого при работе с веб-сервисами и документными базами данных NoSQL.

statistics — функции математической статистики (такие как mean, median, mode и variance).

math — распространенные математические библиотеки и операции.

os — взаимодействие с операционной системой.

profile, pstats, timeit — анализ быстродействия.

random — псевдослучайные числа.

re — регулярные выражения для поиска по тексту.

sqlite3 — работа с реляционными базами данных SQLite.

string — работа со строками.

sys — обработка аргументов командной строки; стандартные потоки ввода, вывода и ошибок.

tkinter — графические интерфейсы пользователя (GUI) и рисование на холсте.

turtle — графика Turtle.

webbrowser — удобное отображение вебстраниц в приложениях Python.

NumPy - библиотека с открытым исходным кодом для языка программирования Python.

SciPy – библиотека для языка программирования Python с открытым исходным кодом, предназначенная для выполнения научных и инженерных расчётов.

unique - находит уникальные элементы массива и возвращает их в отсортированном массиве.

LinearRegression – применяется для анализа данных и в машинном обучении.

Pandas - программная библиотека на языке Python для обработки и анализа данных. Работа pandas с данными строится поверх библиотеки NumPy, являющейся инструментом более низкого уровня.

scikit-learn - бесплатная библиотека программного обеспечения для машинного обучения для языка программирования Python.

Таблица 5 - Перечень инструментов в ходе работы.

Дистрибутив и интерпретатор	Инструменты	Библиотеки	Описание
Anaconda	Стандартная Python, IPython, Jupyter Notebooks.	NumPy, SciPy, Pandas, scikit-learn	Anaconda поддерживает последние версии Python, интерпретатора IPython и Jupyter Notebooks. Anaconda также включает другие программные пакеты и библиотеки, часто используемые в программировании Python и data science.
iPython			Данный интерпретатор обладает интересными возможностями, позволяющими проводить исследования и эксперименты с Python, стандартной библиотекой Python и обширным набором сторонних библиотек.

В первом примере мы рассмотрим визуализацию бросков шестигранного кубика. Визуализация представляет мощный механизм понимания данных, выходящий за границы простого просмотра данных, например, в таблицах СУБД.

В Python предусмотрена встроенная поддержка интерактивной разработки диаграмм Matplotlib, которая также понадобится для разработки диаграмм Seaborn.

Запустим Python, начнем с импортирования библиотек, которые будут использоваться для работы с диаграммами и воспользуемся трансформацией списка для создания списка из 600 случайных результатов, а затем при помощи функции unique библиотеки NumPy определим уникальные значения.

Создадим заголовок гистограммы, назначим ей стиль, а затем нанесем на гистограмму результаты бросков и частоты (Рисунок 46).

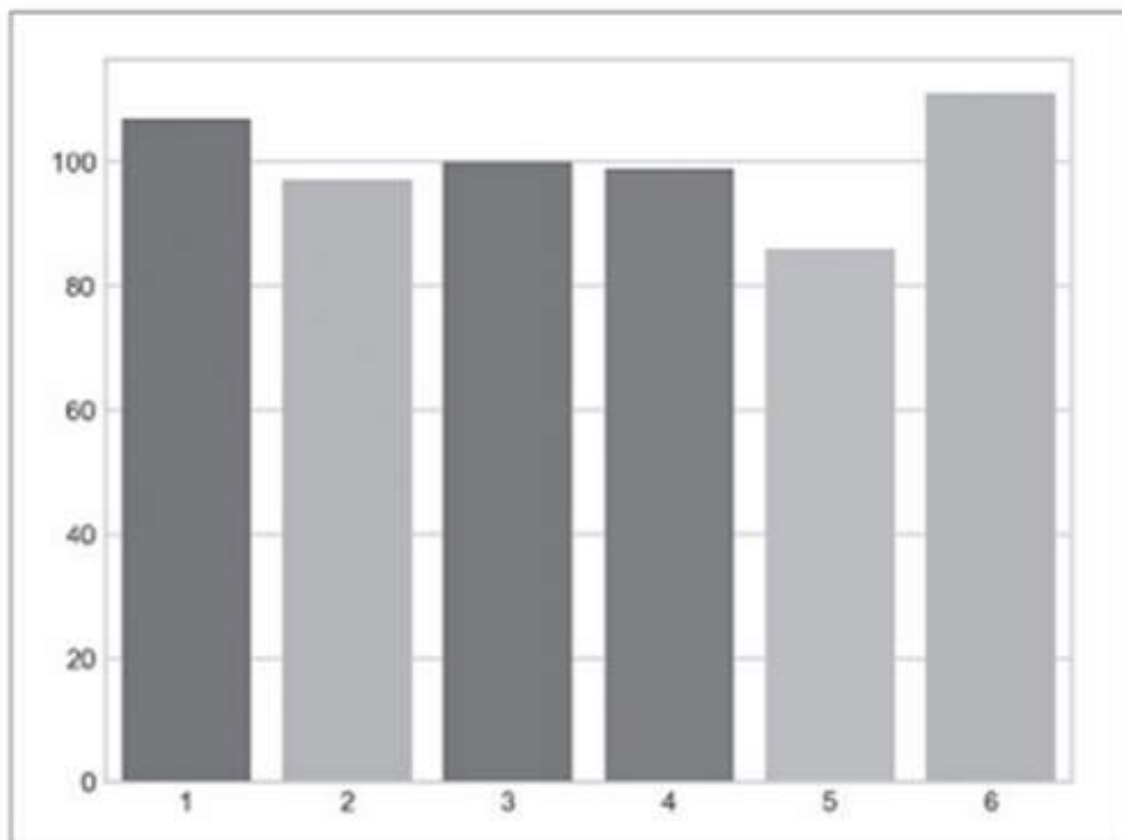


Рисунок 46 - Диаграмма частот.

Второй пример представляет собой предсказывание погоды с помощью scikit-learn библиотеки и той же погодной статистики 1895 – 2018 года. Это можно смело назвать машинным обучением или производной искусственного интеллекта. Начнем с импорта pandas и файла с данными. Структура данных указана в Таблица 6:

Таблица 6 – Структура данных.

№	Date	Temperature	Anomaly
0	1895	34.2	-3.2
1	1896	34.7	-2.7
2	1897	35.5	-1.9

В этом примере будет использоваться оценщик LinearRegression из sklearn.linear_model. По умолчанию он использует все числовые признаки в наборе данных, выполняя множественную линейную регрессию. Оценщики scikit-learn требуют, чтобы в качестве обучающих и тестовых данных использовались двумерные массивы (или двумерные структуры, сходные с массивами, например, списки списков или коллекции pandas DataFrame). Чтобы использовать одномерные массивы с оценщиком, необходимо преобразовать их из одномерного

массива с n элементами в двумерный массив с n строками и одним столбцом.

Для преобразования одномерного массива в двумерный вызовем метод `reshape` массива. Обычно в двух аргументах передается точное количество строк и столбцов, но первый аргумент `-1` означает, что метод `reshape` должен вычислить количество строк на основании количества столбцов (1) и количества элементов (124) в массиве. Преобразованный массив содержит только один столбец, поэтому `reshape` делает вывод, что количество строк равно 124: разместить 124 элемента в один столбец можно, только распределив их по 124 строкам.

Для проверки пропорции обучающих тестовых данных (75% к 25%) запросим размеры `X_train` и `X_test`.

Переходим к обучению модели, поскольку в `scikit-learn` нет отдельного класса для простой линейной регрессии, потому что простая линейная регрессия является частным случаем множественной линейной регрессии, поэтому мы воспользуемся оценщиком `LinearRegression`.

После обучения оценщика `fit` возвращает оценщика и IPython выводит строковое представление. Чтобы найти регрессионную прямую с наилучшей подгонкой к данным, оценщик `LinearRegression` в итеративном режиме регулирует укол наклона и точку пересечения для минимизации суммы квадратов расстояний точек данных от линии.

После этого значения угла наклона и точки пересечения с осью, используемые в формуле $y = mx + b$, могут использоваться для прогнозирования.

Позднее, угол наклона и точка пересечения будут использованы для вывода регрессионной прямой и прогнозирования для конкретных дат.

Протестируем модель по данным из `X_test` и проверим прогнозы по набору данных, выводя прогнозируемые и ожидаемые значения для каждого пятого элемента (Таблица 7).

Таблица 7 – прогнозируемые и ожидаемые значения.

Прогнозируемые:	Ожидаемые:
predicted: 37.86	expected: 31.70
predicted: 38.69	expected: 34.80
predicted: 37.00	expected: 39.40
predicted: 37.25	expected: 45.70
predicted: 38.05	expected: 32.30
predicted: 37.64	expected: 33.80
predicted: 36.94	expected: 39.70

Воспользуемся полученными значениями угла наклона и точки пересечения для прогнозирования средней температуры в январе 2019 года, а также оценки средней температуры в январе 1890 года. Лямбда-выражение в следующем фрагменте реализует формулу:

$$y = mx + b$$

Значение `coef_` используется вместо m , а значение `intercept_` — вместо b .

```
In [18]: predict = (lambda x: linear_regression.coef_ * x + linear_regression.intercept_):
```

```
In [19]: predict(2019)
```

```
Out[19]: array([38.84399018])
```

```
In [20]: predict(1890)
```

```
Out[20]: array([36.34246432])
```

Теперь построим диаграмму разброса данных при помощи функции `scatterplot` библиотеки `Seaborn` и функции `plot` библиотеки `Matplotlib`. Для вывода точек данных воспользуемся методом `scatterplot` с коллекцией `DataFrame`.

Изменим масштаб оси y , чтобы при выводе регрессионной прямой линейность отношения была более очевидной.

Перейдем к выводу регрессионной прямой. Начнем с создания массива, содержащего минимальные и максимальные значения даты. Они станут координатами x начальной и конечной точек регрессионной прямой.

В результате передачи predict массива x будет получен массив соответствующих прогнозируемых значений, которые будут использоваться в качестве координат у.

Наконец, функция plot библиотеки Matplotlib рисует линию по массивам x и y, представляющим координаты x и y точек соответственно.

Полученная диаграмма разброса данных с регрессионной прямой изображена на следующем Рисунке 47. Она показывает, как менялась и будет меняться температура в течение времени. Мы видим, что регрессионная прямая движется под уклоном вверх, значит температура будет увеличиваться и дальше. Есть вероятность, что к 2050 году Нью-Йорк будет затоплен из-за глобального потепления.

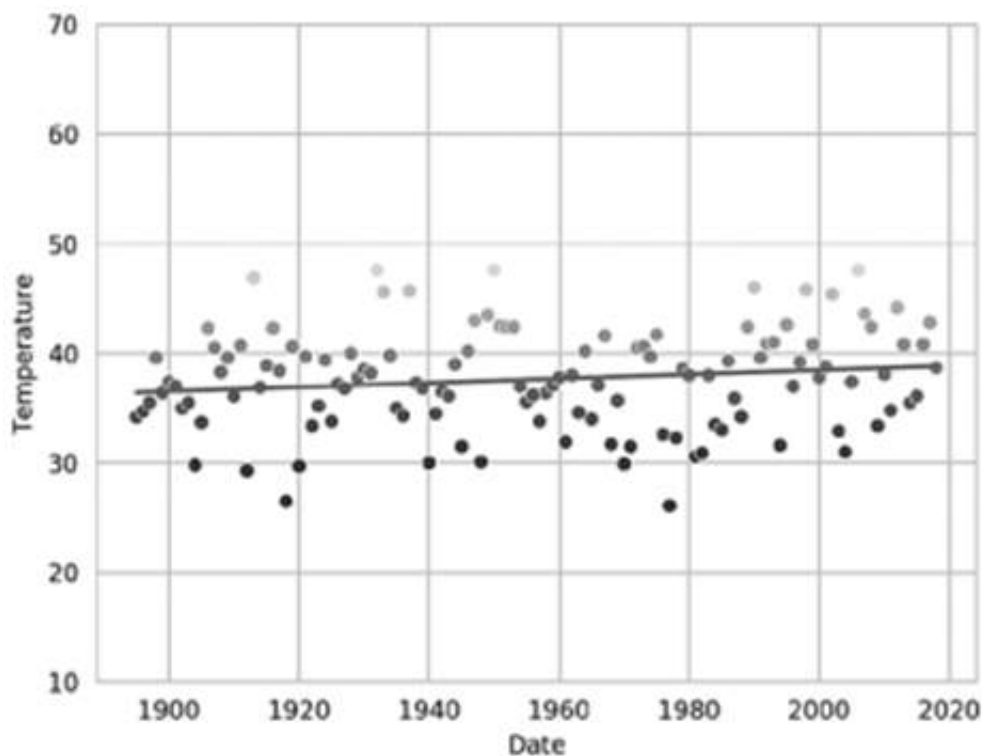


Рисунок 47 – Диаграмма разброса данных с регрессионной прямой.

В ходе работы были изучены сторонние библиотеки языка Python (Matplotlib, NumPy, scikit-learn, Pandas). С их помощью было реализовано обучение модели для прогнозирования погоды с использованием исходного файла и были визуализированы случайно полученные данные бросков шестигранного куба. Таким образом, были освоены методы визуализации данных и основы машинного обучения на языке Python.

Библиографический список:

6. Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления [Текст] / Пол Дейтел, Харви Дейтел // Питер – 2020.
7. NOAA National centers for environmental information [Электронный ресурс]. – URL: // <https://www.ncdc.noaa.gov/cag> (Дата обращения 14.03.2022).
8. Microsoft Azure [Электронный ресурс]. – URL: // <https://azure.microsoft.com/en-us/free/> (Дата обращения 14.03.2022)
9. Quickstart: Create Apache Hadoop Cluster in Azure HDInsight using Azure portal [Электронный ресурс] - URL: // <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/hdinsight/hadoop/apache-hadoop-linux-create-cluster-get-started-portal> (Дата обращения 14.03.2022)
10. Apache Spark [Электронный ресурс]. - URL: // <https://spark.apache.org/> (Дата обращения 14.03.2022)

Роль и влияние внедрения процессорных технологий в социальную среду

Соловьев С.Е., Дворецкая П.С., Крутецкий Е.С.

Научный руководитель – Базарова И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

В наше время сложно представить жизнь без микропроцессорных технологий. Они настолько внедрились в нашу повседневную жизнь, что мы перестали их замечать. Процессоры находятся в мобильных телефонах, компьютерах, тостерах, телевизорах и т.д. Сложно представить человека, не имеющего гаджета. Их чрезмерная доступность позволяет использовать людям этот электронный мозг в любой сфере. Все процессорные технологии, так или иначе, влияют на социальную среду и жизнь человека. Их главная цель – облегчить и улучшить жизнь или вид деятельности человека путем автоматизации обработки информации и управления различными процессами. Зачастую это поможет ускорить и/или упростить определенную задачу на производстве или в быту.

За несколько десятков лет развития микропроцессор проделал путь от объекта применения в узкоспециализированных областях к товару широкой эксплуатации. Сегодня в том или ином виде данные устройства применяются практически в любой сфере производства. В широком смысле микропроцессорная техника обеспечивает процессы управления и автоматизации, но в рамках этого направления формируются и утверждаются все новые области развития высокотехнологичных устройств.

Перед широким внедрением микропроцессоров в разных сферах промышленности, бытового и народного хозяйства стоит все меньше барьеров. Это обуславливается оптимизацией данных устройств, снижением их стоимости и ростом потребности в элементах автоматизации. К областям наиболее распространенного использования таких устройств можно отнести:

- **Промышленность.** Микропроцессоры используются в управлении рабочими операциями, координации машин, систем контроля и сбора производственных показателей.
- **Торговля.** В данной сфере эксплуатация микропроцессорной техники связана не только с вычислительными операциями, но и с обслуживанием логистических моделей при управлении товарами, запасами, а также информационными потоками.
- **Системы безопасности.** Электроника в современных комплексах охраны и сигнализации задает высокие требования к автоматизации и интеллектуальному контролю, что и позволяют обеспечивать микропроцессоры новых поколений.
- **Связь.** Разумеется, и коммуникационные технологии не могут обходиться без программируемых контролеров, обслуживающих мультиплексоров, дистанционных терминалов и схем коммутации.

Конкуренция компаний, которые производят микропроцессоры, на рынке низкая в связи с большой прибыльностью с продаж. Это не дает быстро прогрессировать в плане технологий и производства. Следовательно, не стоит ждать каких-либо новых изобретений в ближайшее время.

На сегодняшний день процессорные технологии заняли важное место в нашей повседневной жизни. Некоторые люди «заменяют» внешний мир на устройства или виртуальную жизнь. Множество людей, путешествуя по городу, перемещаются молча, обращая внимание только на свои телефоны, так как это заменяет им реальное общение. Это связано с тем, что наше общество вышло на новый уровень развития процессоров и микропроцессоров.

Множество технологий в современном обществе препятствует социализации личности. Сегодня человек чаще выбирает остаться дома и поиграть в компьютер, чем встретиться с друзьями, или вместо книг отдаст предпочтение просмотру фильма и так далее.

С внедрением микропроцессорных систем наша жизнь стала более комфортной. Однако у этого комфорта есть и свои проблемы. Человеку становится сложно остановиться, когда он увлечен чем-то, что ему комфортно и нравится. Хорошим примером являются телефоны. Именно поэтому современные родители стараются уберечь своих детей от пагубного влияния подобных устройств, заставляя их читать книги и социально развиваться. Иначе это может

привести к сокращению умственной деятельности, что может в будущем плохо сказаться как на ребенке, так и на обществе в целом.

Сфера использования микропроцессоров постоянно расширяется, существенно влияя на жизнь человека в целом. Процесс внедрения микропроцессорных технологий необратим. С развитием общества развивается и компьютер, изменяются в лучшую сторону его технические характеристики. В наше время образование, медицина, безопасность и многие другие отрасли уже не могут обходиться без процессорных технологий.

Важной частью сегодняшних дней является Интернет. По статистике около 75% населения использует веб-технологии, но как сильно повлияет на нашу жизнь их отсутствие. Образование, коммуникация, работа - всё это станет тяжело реализуемым без такого изобретения. Ведь если сейчас человек хочет выучить какой-нибудь иностранный язык, то ему необязательно ходить на курсы, он может сделать это с помощью Интернета.

Без процессорных технологий усложнится жизнь врачей. Они потеряют свое высокотехнологичное оборудование, впоследствии чего медицина будет просто бессильна против множества болезней. В современной науке не было бы столько предоставленных возможностей и открытий. Невероятно сложным бы стало изучение космоса, окружающей нас среды или даже человека. Сегодня человечество потеряло бы значительные возможности и не сделало бы великие открытия из-за отсутствия микропроцессоров.

Благодаря микропроцессорным технологиям удастся бороться с преступностью и нарушениям. Система безопасности, камеры возле дома или в самом доме заставляют нарушителя дважды подумать, а стоит ли оно того. Ведь его будет намного проще найти, используя устройства слежения. Камеры на дорогах способны следить за скоростным режимом или другими нарушениями на дорогах, заставляя водителя ехать с определенной скоростью и правилами, ведь иначе придется платить штраф. Однако, эти камеры «спасают» множество жизней, так как никто не рискует и не нарушает.

Микропроцессоры на сегодняшний день считаются полезными и широко применяемыми во многих отраслях. С их помощью автоматизируются и становятся автоматическими многие процессы на предприятиях, то есть труд механизмуется. Однако это имеет и обратную сторону. Микропроцессоры вытесняют обычных рабочих с производства. Происходит замена людей роботами, которые способны выполнять ту же самую работу, но безошибочно и каждый день без сна и отдыха. Такая замена выгодна владельцу. Это влечет за собой безработицу, пагубно влияющую на социальную среду. У людей пропадает мотивация, не все из тех, кто остался без работы, будет переучиваться на другую профессию или учиться работать с ранее невиданной техникой. Это негативно влияет на общество. В действительности это, возможно, не так актуально из-за прихода молодого поколения, но данная проблема может возникнуть в будущем вновь.

Одна из новых, но уже относительно давно существующей технологий является искусственный интеллект (ИИ). Уже сегодня технологии ИИ стали обычным явлением. Его влияние на общество и применение безгранично. Достаточно часто человек использует голосовых помощников, которые обрабатывают слова, фразы или предложения так, чтобы удалось выполнить голосовую команду с помощью алгоритма. Возьмем так же в пример рекомендации, которые предоставляют нам различные социальные или поисковые сети. Все для того, чтобы определить, какой продукт вы купите с наибольшей вероятностью. Рекомендациями управляет такой же ИИ, что и голосовой помощник. Их главная задача донести до человека информацию или выполнить простое действие. Это значительно упрощает жизнь людям. Ведь по рекомендациям мы всегда найдем то, что нам интересно, а с помощью голосового помощника можно удобно заниматься какими-то делами не переключая внимание на телефон. Такие технологии положительно влияют на общество, помогают ему развиваться, всегда находят что-то новое и экономят время человека. Сегодня также актуальны машины с ИИ, позволяющие отдохнуть водителю в пути или же заниматься какой-либо работой. Благодаря интересу со стороны ученых и бизнеса производство автономных автомобилей быстро развивается. Нельзя отрицать, что развитию этой сферы также способствует то, что первый массовый производитель автономных транспортных средств выиграет экономически.

Люди должны следить за тем, что им даст внедрение ИИ в нашу жизнь и общество, и понимать какое влияние будет оказывать на работу и существование человечества. Вероятнее всего ИИ создаст множество новых рабочих мест, но, как было сказано ранее, приведет к исчезновению других. В конечном итоге рынок труда кардинально изменится и нужны будут соответствующие изменения в образовании, чтобы будущие поколения могли без труда осваивать новые технологии.

Нейронная сеть – один из способов реализации ИИ. Она подразумевает собой способность машины обучаться, так как не будет существовать четкого решения поставленной задачи. Для нейронной сети в этом случае будет проще не заниматься поиском правильного решения, а самой придумать метод для поиска ответа. Данная возможность позволяет успешно применять нейронные сети в бизнесе, анализировать поведение пользователя на сайте и сравнивать его с множеством других, что упростит поиск рекомендаций, представленных поисковыми системами, обнаруживать ранние стадии рака в медицине, прогнозировать изменение курса валют, обнаруживать атмосферные изменения и многое другое.

Нейронная сеть на сегодняшний день недостаточно развита для того, чтобы заменить человека или еще хорошо справляющиеся со своей задачей машин прошлого поколения. Однако там, где нельзя сформулировать четкие признаки объекта, нейронная сеть хорошо подойдет. Например, для пожарных систем она будет способна определять дым или огонь с высокой точностью, что повысит пожарную безопасность в зданиях. В медицине же факт того, что нейронная сеть ставит диагнозы лучше живого врача, не будет значить, что в будущем нас будут лечить исключительно роботы. Велика вероятность того, что врачи будут работать совместно с нейронной сетью, что позволит повысить эффективность лечения и постановки диагноза во много раз.

Подводя итог вышесказанному, использование микропроцессорных технологий проявляется в том, что они изменили людям не только коммуникацию, но и образование, медицину, работу, безопасность, бизнес. Автоматизировали большинство процессов и создали комфортные условия для проживания.

Сегодня общество не стоит на месте. Новые возможности, предоставляемые процессорными технологиями, меняют подход и отношение людей к ранее неизвестным устройствам. Старшему поколению сложно удаётся поспевать за молодым поколением, которое развивается вместе с технологиями, всегда готово к чему-то новому, что-то протестировать, принять что-то необычное для всех.

Библиографический список:

1. Isakov, Yu.A. Artificial intelligence / Yu.A. Isakov // ModernScience. - 2018. - № 6-1. - С. 25-27. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=35277490>
2. Хартов, В.Я. Микропроцессорные системы: Учебное пособие / В.Я. Хартов. - М.: Академия, 2010. - 240 с.
3. Шонфелдер, Г. Измерительные устройства на базе микропроцессора А Тmega / Г. Шонфелдер, К. Шнайдер. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 288 с

УДК 004.415.2

Разработка системы измерения параметров шагового двигателя на основе ПЛИС

Уляшев А.Е.

Научный руководитель – Старцев А.Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Всё более бурное развитие цифровой техники приводит к внедрению шаговых двигателей во всё большие отрасли науки и техники. Данный электродвигатель нашел широкое применение в качестве привода от дисководов, принтеров и другой офисной техники до привода телескопов, микроскопов и коллиматоров Большого Адронного Коллайдера [1, 2].

Существует проблема в определении углового положения вала шагового двигателя без

использования датчиков угла. Для разработки необходимого алгоритма следует изучить параметры шагового двигателя и сравнить их с результатами моделирования.

Это требует разработки целой системы сбора данных, которая сможет передавать необходимую информацию на персональный компьютер для дальнейшей обработки, анализа и сравнения с результатами математического моделирования.

В данной работе проведем разработку системы измерения силы тока в обмотках статора шагового двигателя с применением программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Данные с ПЛИС будем передавать по интерфейсу UART на ПК. На персональном компьютере будем принимать и обрабатывать данные с помощью языка программирования Python.

Для начала необходимо предоставить блок-схему разрабатываемой системы (Рисунок 1). В неё входит датчик тока ACS712 (ДТ на схеме), выходной сигнал которого представляет из себя непрерывный аналоговый сигнал. Сигнал с датчика тока с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП на схеме). В данной системе применяется МСР3008 – 8-ми канальный 10-ти разрядный АЦП. Передача данных от этого АЦП осуществляется по интерфейсу SPI.

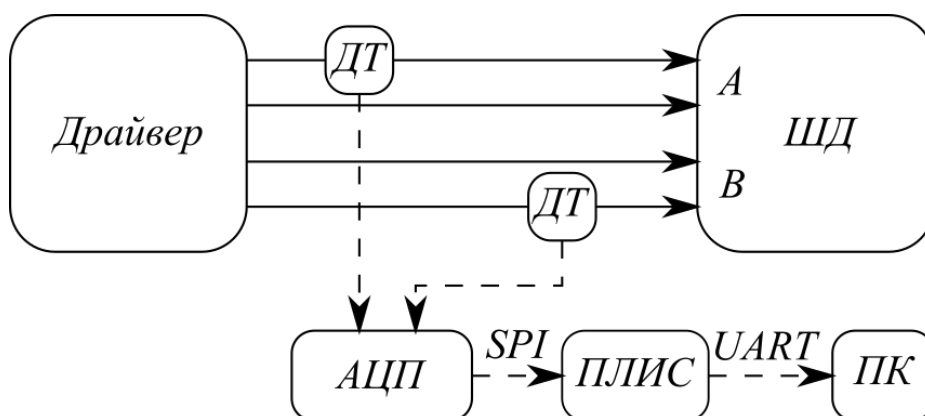


Рисунок 1 – Блок-схема измерительной системы

Драйвер ТВ6600 управляет шаговым двигателем (ШД). Сила тока каждой фазы А и В шагового двигателя измеряется датчиками тока, аналоговый выходной сигнал которых оцифровывается с помощью АЦП и передается на ПЛИС Altera. На самой ПЛИС разработана специальная система передачи данных через UART (Рисунок 2) [3, 4].



Рисунок 2 – Временная диаграмма передачи данных протокола UART

Разработка специальной системы передачи была связана со следующим: в измерительной системе применяется 10-ти разрядный АЦП, что означает 10 бит выходных данных. По протоколу UART передается 10 бит, 2 из которых – стартовый и стоповый, остальные 8 – это полезная нагрузка [4]. Таким образом, передача на ПК 10 бит выходных данных АЦП в одном пакете UART невозможна. К тому же в нашей системе задействованы 2 канала АЦП (так как используется два датчика тока), то есть величина полезных данных составляет 20 бит.

При проведении анализа было принято решение передавать результат одного измерения (20 бит) с помощью 4-х пакетов UART с инкапсуляцией в каждый из пакетов уникального идентификатора. 10 бит данных каждого канала АЦП, разделенные по 5 бит, будут передаваться в двух UART пакетах. Из 8 бит полезной нагрузки каждого UART пакета остается 3 свободных бита. Эти свободные биты будут использоваться для идентификаторов. Приведем схему 4-х пакетов UART с заполненными идентификаторами (Рисунок 3).

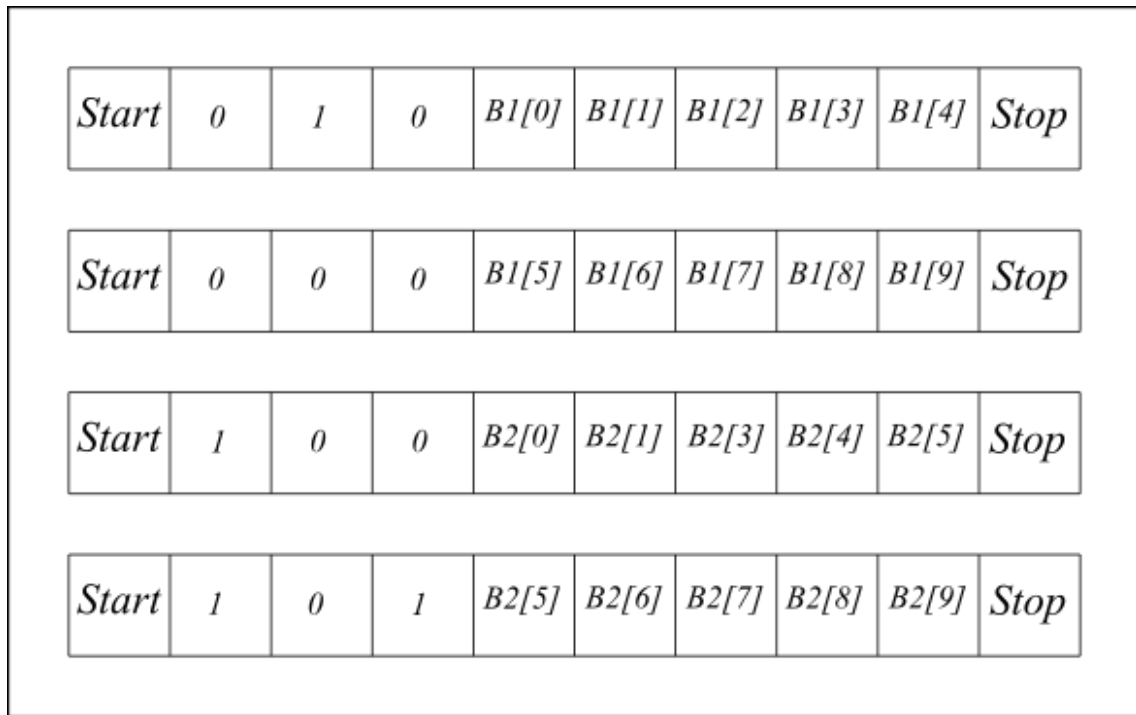


Рисунок 3 – UART пакеты с данными АЦП и идентификаторами

Как видно из рисунка 3 первые два пакета относятся к данным АЦП первого канала – массив B1. Массив B2 – данные второго канала АЦП. Первый пакет имеет идентификатор “010”, второе пакет – “000”, третий пакет – “100” и четвертый пакет – “101”. Передача полезных данных измерения АЦП начинается с наименее значимого бита (LSB).

Идентификатор необходим для того, чтобы при получении пакетов была возможность объединить пакеты с данными одного и того же канала АЦП. Так же по идентификаторам можно отследить порядок передачи данных. Правильный порядок указан на рисунке 3. Если порядок сбивается, то какой-либо из узлов системы вышел из строя. Это является аналогом счетчика непрерывности в протоколе MPEG5-TS.

Сбор данных АЦП, инкапсуляция идентификаторов и передача по UART осуществляется с помощью программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Код для ПЛИС был написан на языке описания аппаратуры Verilog в среде программирования Quartus Prime Lite 19.

Дальнейшая обработка данных осуществляется на ПК на языке программирования Python.

Проведем проверку разработанной системы измерения. Установим силу тока 1 А на драйвере и частоту вращения вала 20 Гц с помощью задающего генератора. Проведем измерение силы тока в течение некоторого времени. Полученные данные занесем в таблицу 1. В таблицу поместим 10 величин в двоичной, десятичной и натуральной величинах. На основе данных из таблицы построим график зависимости тока в обмотках двигателя от времени (Рисунок 4).

Как можно видеть из рисунка 4 форма изменения силы тока представляет из себя прямоугольные импульсы амплитудой 1 А и частотой 5 Гц. Частота изменения тока в 4 раза меньше частоты вращения, что соответствует действительности [1]. Так как переданные данные соотносятся с реальными – правильно измерена амплитуда и частота импульсов тока, делаем вывод, что система измерения параметров шагового двигателя работает корректно.

В дальнейшем планируется измерение большего числа параметров для наиболее полного анализа работы шагового двигателя при различных условиях работы.

Таблица 1 – Принятые данные от ПЛИС

1-й канал АЦП			2-й канал АЦП		
Двоичная система	Десятичная система	Натуральное значение	Двоичная система	Десятичная система	Натуральное значение
1100101010	810	2.612	1100101010	810	2.610
1010111001	697	2.247	1010110111	695	2.242
1100101011	811	2.613	1100101001	809	2.609
1010111001	697	2.249	1010111001	697	2.249
1100101011	811	2.613	1100101011	811	2.616
1010110111	695	2.242	1010111001	697	2.247
1100101010	810	2.611	1100101010	810	2.612
1010110111	695	2.242	1010111001	697	2.248
1100101001	809	2.609	1100101100	812	2.618
1010111001	697	2.247	1010111001	697	2.246

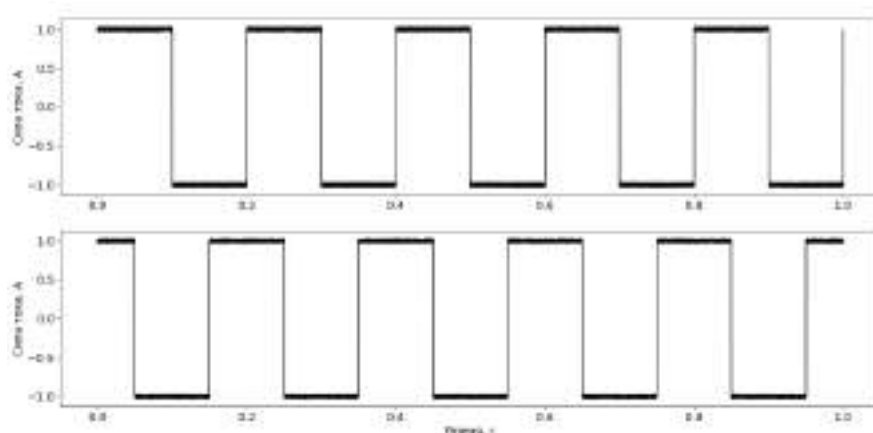


Рисунок 4 – Сила тока в фазах двигателя: сверху – фаза А, снизу – фаза В

Библиографический список:

- Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Переиздание с английского. М.: Энергоатомиздат, 1987. –200 с.: ил.
- Емельянов А.В. Шаговые двигатели: учебное пособие / А.В.Емельянов, А.Н. Шилин/ ВолгГТУ. –Волгоград, 2005. –48 с.
- Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов. М.: Академия, 2013. –320 с.
- Павлов, В.А. Интерфейсы периферийных устройств: учеб. пособие для вузов / В. А. Павлов. — Саров, 2010. — 374 с.: ил.

СЕКЦИЯ 14. СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 69.003.13

Выбор оптимальных параметров для оценки социально-экономической эффективности при рассмотрении применимости комплексных транспортных развязок

Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

В настоящее время транспортное сообщение является собой механизм для повышения экономического развития государства: с улучшением качественных и количественных характеристик автодорожных путей снижаются затраты на перевозку грузов и пассажиров, возрастает эффективность сельского хозяйства, промышленности, поднимается образовательный уровень населения и т.д. [5]. Роль транспортного сообщения на сегодняшний день очень важна: в городских условиях улицы и дороги выполняют ряд значительных функций, обеспечивая возможность перемещения, как передвижных средств различных категорий, так и пешеходов, образуя систему, позволяющую функционировать населённому пункту с точки зрения территориальной взаимосвязанности и экономического единства.

В городских условиях, как правило, не существует альтернативных путей сообщения, поскольку в границах, отведённых под улично-дорожную сеть (УДС) размещаются различные жизненно необходимые коммуникации, а также могут быть выделены зоны для перемещения других видов транспорта. Постоянно растущая автомобилизация, приводит к приросту интенсивности дорожного движения и возникновению заторных явлений, которые негативно сказываются на безопасности дорожного движения, эффективности автомобильных грузо- и пассажироперевозок. Наглядная демонстрация растущих показателей транспорта представлена на рисунке 1:



Рисунок 1 – Динамика развития основных показателей автомобильного транспорта в РФ

Как видно из представленного рисунка использование автомобильного транспорта за рассматриваемый период имеет эволюционный характер, что доказывает необходимость пристального внимания к данной сфере для возможности предотвращения негативных последствий, способных прогрессировать в заданных условиях. Для предотвращения распространения негативного влияния необходимо принятие оперативных мер, которые требуют определённых финансовых затрат.

В более ранних исследованиях авторами рассматривались возможности применения на ключевых транспортных пересечениях разноуровневых развязок, функционирующих в единой комплексной системе, с целью ликвидации явления перемещения заторов с одного перекрестка на другой. В роли основных критериев, указывающих на проблемное пересечение, принимались: рост статистики дорожно-транспортных происшествий, увеличение времени простоя на перекрёстке (снижение оптимальной скорости до крайне малых значений), а также увеличение шумовых и загрязняющих воздействий на пересечении [1,2].

В качестве опытного участка были выбраны территории микрорайона Тюменская Слобода в г. Тюмень, характеризующиеся значительным приростом уровня автомобилизации вследствие нового жилого строительства (увеличение на 8,57 % от общегородского уровня), а также с значительным уровнем аварийности, как в пределах территорий, ограниченных градообразующими магистралями: окружная дорога, Московский и Червишевский тракты, так и непосредственно на них.

Функциональная значимость предлагаемых авторами в работах мероприятий была обоснована, но экономическая составляющая имеет довольно широкий спектр параметров, позволяющих оценить целесообразность и эффективность данной позиции, что требует выбора оптимальных и достоверных средств с минимизацией ресурсов.

Нормативная литература Российской Федерации и стран СНГ регламентирует в рекомендательном характере определённые методики, включающие в себя финансовые, социально-значимые, коммерческие подходы (рисунок 2).

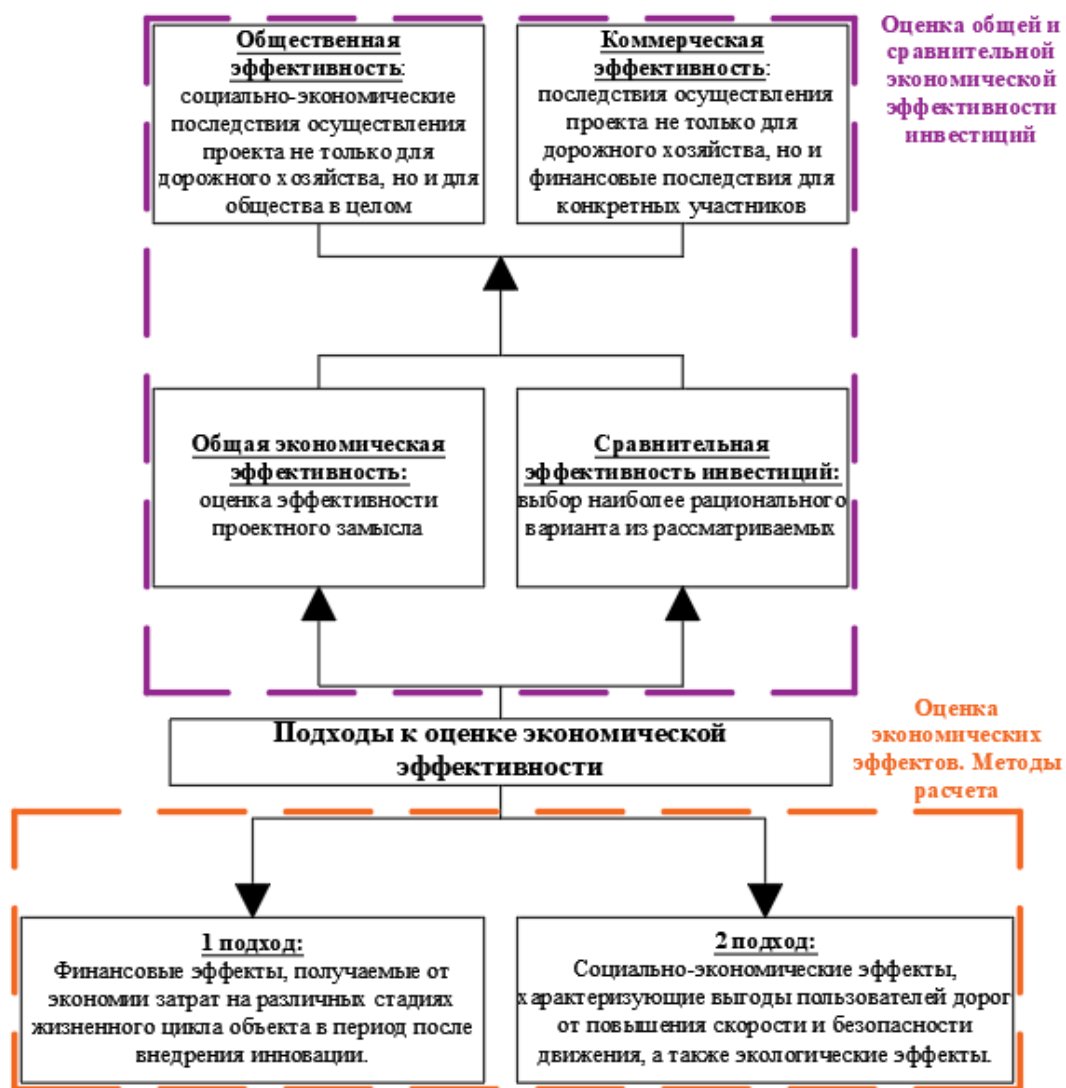


Рисунок 2 – Анализ подходов к экономической эффективности мероприятий

Согласно учитываемым в подходах и направлениях параметрам на представленном рисунке можно заключить, что наиболее целесообразной с точки зрения проделанной работы, а также важной и значимой будет оценка именно социально-значимых эффектов, позволяющих спрогнозировать изменение рассмотренных в ранних работах [1,2] экологических критериев, повышение безопасности дорожного движения и снижения времени перемещения между пунктами в городе. Поскольку данные параметры были учтены в существующих условиях, то рационально будет их изучение в инновационной среде, с расчётом эффективности в процентном соотношении.

Подробный анализ данного подхода к оценке принятых решений представлен в таблице 1:

Таблица 1 – Характеристика принятых социально-экономических эффектов

№ п/п	Параметры, входящие в группу	Подвиды	Физический смысл	Предварительный эффект
1	2	3	4	5
1	Эффекты на транспорте	Сокращение кап. вложений в автотранспорт из-за уменьшения времени доставки грузов и пассажиров	Данный параметр оценивается, как разность от капитальных вложений в автотранспорт для существующего и предлагаемого решений	—
		Сокращение затрат на перевозку грузов и пассажиров в результате улучшения дорожных условий	Также являет собой разницу затрат при существующем и предлагаемом решениях	—
2	Социальные эффекты	Сокращение потерь времени пребывания в пути	Определяется общественными потерями в сравнительном соотношении	Средняя величина задержки на одном пересечении составляет 38,4 секунды (местная УДС), общие потери могут достигать 14-40 минут, в зависимости от времени проезда.
		Сокращение потерь от ДТП	Снижение величины потерь от уменьшаемого количества ДТП	Экономия от снижения числа ДТП составляет примерно 17,95 % от общих потерь от ДТП
3	Иные эффекты	Сокращение потерь от ухудшения экологической обстановки	Финансовый эквивалент от оптимизации экологической обстановки (в частности, снижения шумового воздействия и снижения количества выбросов вредных веществ в атмосферу).	Оптимизация транспортной ситуации составляет 35,0-50,0 % при снижении уровня шума и 50,0-60,0 % при сокращении количества выбросов вредных веществ в атмосферу для опорной УДС, 16,0-22,0 % при снижении уровня шума и 45,0-55,0 % при уменьшении количества выбросов вредных веществ в атмосферу для малых улиц и городских дорог

Таким образом, именно данные критерии позволят в полной мере оценить настоящие социально-экономические эффекты от введения комплексных транспортных пересечений, и

предоставят достоверный отчет о результатах исследования на примере социально-экономической деятельности человека.

В дальнейшем планируется детальный расчёт эффектов на транспорте и уточняющие расчеты для социальных и иных параметров, включающие в себя:

- капитальные вложения в автотранспорт, которые выражаются как объем перевозок на участке УДС на начало рассматриваемого периода;
- затраты на исполнение грузо- и пассажироперевозок;
- величина себестоимости пробега определённого вида автомобиля на километр в конкретных дорожных условиях (является расчетной величиной);
- годовые потери, определяемые затратами времени населения на перемещение на отдельном рассматриваемом участке;
- средние потери от дорожно-транспортных происшествий в каждом году расчетного периода: с последующим определением среднего социально-экономического ущерба от гибели и ранений в ДТП.

После расчета данных параметров будет получено значение результата представленной работы в экономическом эквиваленте, а также представится возможным произвести рекомендации для конкретных условий введения разработанных ранее мероприятий в условиях других районов, городов и, при необходимости и возможности применения, мировых государств.

Библиографический список:

1. Тимоховец В. Д., Чичиланова Я. И. Обоснование необходимости совершенствования транспортной сети в городе Тюмени [Электронный ресурс] // Вестник ТГАСУ. – 2021. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-neobhodimosti-sovershenstvovaniya-transportnoy-seti-v-gorode-tyumeni> (дата обращения: 12.09.2021).
2. Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И. Разработка универсальной транспортной схемы для оптимизации дорожного движения в условиях города // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". – 2020. – Том 17. – №4. – С. 524-536. Текст: непосредственный.
3. Гурова Ю. Е. К вопросу оценки общественной эффективности инвестиций в строительство и реконструкцию автомобильных дорог [Электронный ресурс] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – №3. – <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-otsenki-obschestvennoy-effektivnosti-investitsiy-v-stroitelstvo-i-rekonstruktsiyu-avtomobilnyh-dorog> (дата обращения: 05.03.2022).
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения: 05.03.2022).
5. Ильина Е. А. Оценка влияния развития транспортной сети на экономическое развитие региона [Электронный ресурс] // ARS ADMINISTRANDI. – 2013. – №2. – <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-razvitiya-transportnoy-seti-na-ekonomicheskoe-razvitie-regiona> (дата обращения: 11.03.2022).

УДК 691.3:624.012

Возможность использования легкобетонных и керамических блоков для многоэтажного строительства

Кольм А.А.

Научный руководитель – Веряскина Е.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Не существует универсальных стеновых материалов. Особенности региона строительства, климат, этажность здания – требуют применения своих материалов.

На современном строительном рынке широко представлен материал для несущих стен здания. Традиционно для возведения несущих стен здания используют кирпич. Но на сегодняшний день набирают популярность лёгкие строительные блоки.

К наиболее популярным блокам относят:

- блоки из лёгкого бетона;
- шлакоблоки;
- поризованная керамика или керамоблоки;
- силикатные или газосиликатные блоки;
- прессованные цементно-песчаные блоки.

Несущие стены гражданских зданий должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть прочными и устойчивыми;
- обладать долговечностью, соответствующей классу здания;
- соответствовать степени огнестойкости здания;
- быть энергосберегающим элементом здания;
- иметь сопротивление теплопередаче согласно теплотехническим нормам, при этом обеспечивать необходимый температурно-влажностный комфорт в помещениях;
- обладать достаточными звукоизолирующими свойствами;
- иметь конструкцию, отвечающую современным методам возведения конструкций стен;
- типы стен должны быть экономически оправданными исходя из заданного архитектурно-художественного решения, отвечать возможностям заказчика;
- материалоемкость (расход материалов) должна быть по возможности минимальной, так как это во многом способствует снижению трудозатрат на возведение стен и общих расходов на строительство.

Основные технические и физико-механические характеристики ряда материалов приведены в таблицах 1 и 2.

Как видим, для возведения несущих стен здания в пять и более этажей рекомендуется применять газобетонные и керамические блоки прочностью не менее 3,5 МПа, обладающие хорошей звуко- и теплоизолирующей способностью, а также кирпич.

Чтобы узнать какой толщины и из какого материала должна быть несущая стена шестиэтажного здания нужно выполнить расчет на сопротивление теплопередаче и прочность.

Прочность стен здания будет обеспечена если напряжения не превышают нормативного значения, устойчивость обеспечивается междуэтажными перекрытиями и связью продольных и поперечных стен, образующих жесткую пространственную конструкцию.

Теплотехнические качества обеспечиваются необходимым сопротивлением теплопередаче и толщиной стены. Звукоизоляция обеспечивается конструктивным решением, принимаемым из условия прочности и теплоизоляции.

Для определения толщины стены (рис.1), соответствующей нормам энергоэффективности, рассчитывают сопротивление теплопередаче и сверяют его с нормативным значением, которое показывает каким должно быть теплосопротивление в зависимости от региона. Такой расчет был сделан для г. Псков. Результаты расчёта приведены в таблице 3.

Исходные данные для теплотехнического расчёта:

1. Район строительства: Псков, условия эксплуатации Б.
2. Относительная влажность воздуха: $\varphi_{в} = 55\%$
3. Тип здания: административное
4. Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания: $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$
5. Отделка фасада – штукатурка (цементно-песчаный раствор толщиной 20 мм) по утеплителю (пенополистирол толщиной 100 мм)
6. Зона влажности - нормальная
7. Влажностный режим помещения - нормальный
8. Коэффициенты а и b равны соответственно 0.0003 и 1.2
9. Градусо-сутки отопительного периода ГСОП = $4409.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$
10. Расчётная температура наружного воздуха $t = -25^{\circ}\text{C}$
11. Средняя температура наружного воздуха $t_{об} = -1.2^{\circ}\text{C}$
12. Продолжительность отопительного периода $z_{от} = 208 \text{ сут}$

Таблица 1 – Технические характеристики стеновых материалов.

Стеновые Материалы	Область применения	Экономичность	Экологичность	Стоимость	Надёжность	Скорость монтажа	Внешний вид	Простота обработки
Газобетон	Строительство до 5 этажей	Менее экономичный	Экологичный	Дорогой	Низкая прочность на сжатие	Быстрая	Правильная форма	Лёгкая
Пенобетон	Строительство до 3 этажей	Экономичный	Экологичный	Дешёвый	Низкая прочность на сжатие	Быстрая	Правильная форма, непривлекатель ный внеш. вид	Лёгкая
Полистиролбетон	Строительство до 2 этажей	Экономичный	Экологичный	Дешёвый	Невысокая прочность на сжатие, горючий	Быстрая	Правильная форма	Лёгкая
Арболит	Строительство до 3 этажей	Экономичный	Экологичный	Дорогой	Прочнее чем газобетон и пенобетон	Быстрая	Правильная форма, непривлекатель ный внеш. вид	Лёгкая
Керамзитобетон	Строительство до 3 этажей	Экономичный	Экологичный	Дешёвый	Долговечный, прочнее чем газобетон и пенобетон	Быстрая	Правильная форма, непривлекатель ный внеш. вид	Сложная
Шлакоблок	Строительство до 3 этажей	Экономичный	Менее экологичный	Дешёвый	Прочный, долговечный	Быстрая	Правильная форма	Сложная
Керамоблок	Строительство до 10 этажей	Экономичный	Экологичный	Дорогой	Прочный, долговечный	Быстрая	Пазо-гребневая форма	Сложная
Силикатный блок	Строительство до 5 этажей	Экономичный	Экологичный	Дешёвый	Прочный, долговечный	Быстрая	Правильная форма	Лёгкая

Таблица 2 – Физико-механические характеристики стеновых материалов.

Стеновые материалы	Газобетон	Пенобетон	Полистиролбетон	Арболит	Керамзитобетон	Шлакоблок	Керамоблок	Силикатный блок
Плотность, кг/м ³	400-800	600-800	450-600	400-850	700-1400	500-1000	700-1200	400-1000
Теплопроводность	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая
Паропроницаемость	Хорошая	Хорошая	Низкая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Звукоизоляция	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Горючесть	Не горючий	Не горючий	Горючий	Не горючий	Не горючий	Не горючий	Не горючий	Не горючий
Морозостойкость, циклов не менее	35	35	35-100	25-50	25	20	50	50-75
Водопоглощение, %	20	14	5	40-85	18	9	14	17
Класс прочности на сжатие	B1,5-B3,5	B1-B3,5	B1-B2,5	B0,35-B-3,5	B3,5-B10	B3-B4,5	M15-M100	B1,5-B3,5
Предел прочности при сжатии, МПа	1,5-5	1-5	1-2,1	0,5-2,5	4,5-13	4-5	3,5-20	3,7

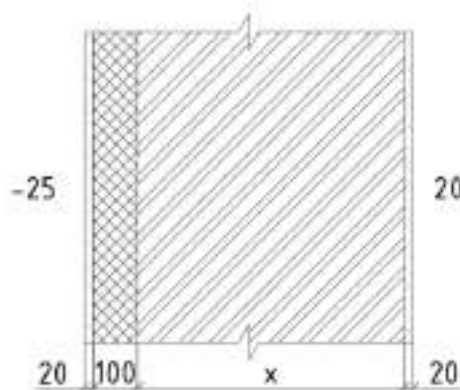


Рисунок 1 – Схема ограждающей конструкции

Таблица 3 – Результаты теплотехнического расчёта стены

Стеновые материалы	Газобетон, 400 мм	Керамоблок, 380 мм	Укрупнённый кирпич, 510 мм
Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{тр}$, $м^2\cdot C/Вт$	2.52	2.52	2.52
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций α_{int} , $Вт/(м^2\cdot C)$	8.7	8.7	8.7
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкций для условий холодного периода α_{ext} , $Вт/(м^2\cdot C)$	23	23	23
Условное сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, $м^2\cdot C/Вт$	2.98	2.78	2.75
Коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов проемов, обрамляющих ребер, гибких связей и других теплопроводных включений γ	0.92	0.92	0.92
Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$, $м^2\cdot C/Вт$	2.74	2.56	2.53

Для возведения наружных несущих стен здания в г. Псков с заданным параметром теплосопротивления, их минимальная расчетная толщина составила 380 мм для керамического пустотелого блока, 400 мм для блока из газобетона и 510 мм при использовании укрупненного кирпича.

Расчет несущей способности стеновых конструкций выполнен по методу первой группы предельных состояний.

В соответствии с первым предельным состоянием несущая способность конструкции будет обеспечена при выполнении следующего условия

$$N \leq \Phi$$

где N – расчетное усилие, определяемое при наиболее тяжелой комбинации расчетных нагрузок и воздействий; Φ – наименьшая возможная несущая способность поперечных сечений элементов конструкций, подвергаемых нагружению.

Расчетное усилие вычисляется от суммы всех нагрузок

$$N = N_1 \cdot n_1 + N_2 \cdot n_2 + \dots + N_i \cdot n_i$$

где N_i – нормативные усилия; n_i – коэффициент надежности по нагрузке, который учитывает возможность отклонения фактических нагрузок от их нормативных значений.

Несущая способность элементов строительных конструкций зависит от прочностных характеристик применяемых материалов и от выбранных размеров и формы поперечных сечений, т.е. от геометрических характеристик. В общем виде несущая способность конструкции может быть выражена в виде функции

$$\Phi=f(R,A)$$

где R – расчетное сопротивление материала; A – геометрические характеристики поперечных сечений (площадь при растяжении или сжатии, момент сопротивления при изгибе).

Для расчёта несущей способности был выполнен сбор нагрузок по зданию на 1 м², который состоит из постоянных и временных нагрузок. Сбор нагрузок приведён в таблице 4.

Таблица 4 – Сбор нагрузок на 1 м²

№	Вид нагрузки	Площадь нагрузки, м ² или длина, м	Вес материала или изделия (g), кН/м ²	Нормативная нагрузка, кН	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН
Постоянная нагрузка						
1	Вес покрытия:					
1.1	Покровный экарбит(битум нефтяной)	1	0.12	0.12	1.2	0.14
1.2	Прокладочный экарбит(битум нефтяной)	1	0.12	0.12	1.2	0.14
1.3	Стяжка из цем.-песч. р-ра	1	0.36	0.18	1.3	0.23
1.4	Теплоизоляция (экструдированный пенополистерол)	1	0.038	0.038	1.2	0.05
1.5	Ж/б плита покрытия	1	3	3	1.1	3.30
2	Вес чердачного перекрытия					
2.1	Стяжка из цем.-песч. р-ра	1	0.54	0.54	1.3	0.70
2.2	Ж/б плита перекрытия	1	3	3	1.1	3.30
3	Междуэтажные перекрытия					
3.1	Вес стены (b = 0,4 м; h = 23.56 м; L=1 м), 0.9-понижающий коэффициент с вычетом проёмов	13.57	4.8	65.14	1.2	78.17
3.2	Вес 6-ти междуэтажных перекрытий	6	3	18	1.1	19.80
3.3	Вес полов на 6-ти этажах:					
3.3.1	Плиты из гранитного камня	6	0.56	3.36	1.2	4.03
3.3.2	Клей	6	0.195	1.17	1.3	1.52
3.3.3	Стяжка из цем.-песч. р-ра	6	0.38	2.28	1.3	2.96
3.4	Вес перегородок на 6-ти этажах	6	0.5	3	1.2	3.60
Итого:				99.95		117.95
Временная нагрузка						
4	Нагрузка на покрытие	1	0.7	0.7	1.3	0.91
5	Снеговая нагрузка	1	1.5	1.5	1.3	1.95
6	Полезная нагрузка	1	2	0.69	1.2	0.83
	Снижающий коэффициент $\psi_1=0.83$					
	Снижающий коэффициент $\psi_3=0.58$					
7	Нагрузка на чердак	1	0.7	0.7	1.3	0.91
8	Нагрузка от архива	1	5	5	1.2	6.00
Итого:				8.59		10.60
Всего:				108.54		128.55

Исходные данные для расчёта несущей способности простенка: число этажей 6, высота этажа $H_{эт} = 3,3\text{ м}$, грузовая площадь $A_{гр}=2,77\text{ м}^2$, расчётная полная нагрузка $N_{пол} = 356,1\text{ кН}$, стеновые материалы выбраны с плотностью 1200 кг/ м^3 , марки 150 с маркой раствора М100 для керамоблока и кирпича. Газобетон раскладывается на клей.

При расчёте простенка на вертикальную нагрузку стена считается опертой на шарнирно неподвижную опору. Прочность конструкции стены будет обеспечена, если значение полной нагрузки менее несущей способности.

Расчёт несущей способности представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Несущая способность стеновых материалов

Стеновые материалы	Газобетон	Керамоблок	Газобетон	Керамоблок	Укрупнённый кирпич	Керамоблок	Укрупнённый кирпич
Толщина стеновой конструкции, мм	400	380	625	510	510	640	640
Расчётное сопротивление сжатию кладки R, МПа	3.3	2.2	3.3	2.2	2.2	2.2	2.2
Коэффициент условий работы кладки γ_c	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Ширина простенка $b_{п}$, м	0.4	0.38	0.625	0.51	0.51	0.64	0.64
Длина простенка $h_{п}$, м	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Эксцентриситет e_0 , м	0.052	0.052	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
Площадь простенка A, м ²	0.16	0.15	0.25	0.20	0.20	0.26	0.26
Площадь сжатой части простенка A_c , м ²	0.12	0.11	0.22	0.17	0.17	0.22	0.22
Гибкость простенка λ_h	8.25	8.68	5.28	6.47	6.47	5.16	5.16
Упругая характеристика кладки α	350	1000	350	1000	1000	1000	1000
Коэффициент продольного изгиба φ	0.79	0.91	0.90	0.95	0.95	0.98	0.98
Гибкость сжатой части простенка λ_{hc}	11.12	11.92	6.05	7.67	7.67	5.89	5.89
Коэффициент продольного изгиба сжатой части простенка φ_c	0.68	0.84	0.88	0.93	0.93	0.96	0.96
Среднее значение φ	0.73	0.87	0.89	0.94	0.94	0.9695	0.9695
Коэффициент ω	1	1	1	1	1.08	1	1.06
Коэффициент m_g	1	1	1	1	1	1	1
Несущая способность N, кН	229.61	170.32	512.12	284.15	306.43	382.23	406.12

По результатам приходим к выводу, что толщина несущих стен шестиэтажного здания с высотой этажа 3.3 м должна быть из газобетона – 625 мм, из укрупнённого кирпича и керамоблока – 640 мм, при нормативной нагрузке 356 кН, при плотности материала стен – 1200 кг/куб. м, и прочности – М150. Материалы с меньшей плотностью использовать для несущих конструкций шестиэтажного здания нельзя, т. к. не обеспечена несущая способность и жесткость стеновых конструкций.

Сравним данные материалы по затрате труда на устройство 1 м³ кладки. Если за 100% принять стоимость кирпичной кладки, то стоимость одного метра кубического блоков с внешней отделкой однородными материалами составит: для газоблока – 96%; для керамоблока – 80%. Из экономических соображений для возведения шестиэтажного здания лучше использовать газоблоки. Но так как в течении двух лет после возведения здания данный материал даёт большую усадку (0,3 мм на метр высоты дома), то его лучше не использовать в качестве несущего материала.

Следовательно, окончательно принимаем для возведения несущих стен здания керамоблоки марки М150 с маркой раствора М100, плотностью 1200 кг/м³, толщиной 640мм.

Библиографический список:

1. Юдин. И. В., Ярмаковский В. Н. Инновационные технологии в индустриальном домостроении с использованием конструкционных легких бетонов – журнал «Строительные материалы», выпуск 1, 2010, стр. 15-17.

УДК 697.9

Вентиляция бассейна

Кожанова Н.В.

Научный руководитель - Иванова Е.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Эксплуатация крытых бассейнов связана с рядом особенностей и сложностей. Одну из основных проблем представляет повышенный уровень влажности воздуха. Это приводит к образованию конденсата на поверхностях конструкций здания, что становится причиной коррозии, порчи материалов, запотеванию окон. Также конденсат может образовываться и на внешней поверхности несущих стен, которые покрываются трещинами в результате попеременного замерзания и оттаивания влаги. Это может стать причиной разрушения стен в течение 5-7 лет эксплуатации здания. Предотвратить подобные явления помогает эффективная вентиляция бассейна. Также она выполняет и традиционные задачи по обеспечению людей во внутренних помещениях достаточным объемом свежего воздуха.

Параметры воздухообмена, которые учитываются при проектировании вентиляции бассейна, установлены нормативными документами СП 31 «Бассейны для плавания» и Р НП АВОК 7.5-2020 «Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования».

В соответствии с этими документами температура воды в бассейне должна поддерживаться в диапазоне 24-28 °С. Температура воздуха должна быть на 1-2 °С выше температуры воды (26-30 °С). Не допускается прогрев воздуха выше 35 °С. Оптимальный уровень относительной влажности составляет 55%.

Объем приточного воздуха должен быть меньше, чем объем удаляемого отработанного воздуха. Это создает необходимые условия, которые предотвращают распространение влаги в соседние помещения.

Для поддержания качественных характеристик микроклимата бассейнов универсальным является метод конденсационного осушения воздуха на поверхности испарителя.

Осушитель представляет собой холодильный контур, который встраивается в вентиляционную установку. Он передает тепло от удаляемого воздуха к приточному, за счет чего уменьшается уровень его влажности. Дополнительным эффектом является нагрев приточного воздуха. В летний период хладагент может циркулировать в обратном направлении, что обеспечивает охлаждение притока.

В настоящее время во многих случаях в бассейнах установлены осушители западного производства (Финляндия, Италия, Германия). В связи с необходимостью импортозамещения к установке можно принимать осушители российского производства.

В статье рассмотрены осушители российских фирм «Turkov», «РОССПЕЦХОЛОД», а также продукция фирмы «Fairland» КНР.

Осушители воздуха для бассейнов и производств марки OS и OSD производятся в России и относятся к конденсационным. В данных моделях можно подмешивать свежий воздух с улицы, что позволяет обеспечивать гигиеническую норму вентиляции в обслуживаемом помещении. Осушители воздуха могут быть выполнены как в среднетемпературном, так и в

низкотемпературном рабочем диапазоне.

Они могут быть напольные, настенные, а также канальные.

Самые востребованные, канальные осушители. Они отличаются высокой производительностью, а также низким уровнем шума. Смешивают воздух в помещении со свежим, монтируются скрытым способом и никак не сказываются на интерьере.

Настенные приборы подходят для бытового использования. Их используют в саунах и частных домах.

Для подбора осушителя необходимо знать следующие параметры:

- зеркало бассейна;
- объем воздуха в помещении;
- наличие вентиляции и ее характеристики;
- производительность системы отопления.

Для крупных бассейнов предпочтительно устанавливать канальные осушители. Фирма «Турков» выпускает осушители 7 типоразмеров: OS-800, OS-1200, OS-1700, OS-2700, OS-3700, OS -5200, OS -6800.

Характеристики данных осушителей имеют следующий диапазон:

- Влагосъем (при 25°C и 80% RH) от 53 л/сутки до 444 л/сутки
- рабочий диапазон температур от +20 до +38 °C
- рабочий диапазон влажности от 40% до 100%
- Расход воздуха от 800 до 6800 м³/ч
- Подмес свежего воздуха от 135 до 1100 м³/ч
- WiFi управление с мобильного телефона
- Стоимость от 445 тыс. руб. до 2090 тыс. руб.
- Производитель г. Москва

Рекомендуемая площадь зеркала от 11 м² до 120 м² (без подмеса свежего воздуха)

Рекомендуемая площадь зеркала от 16 м² до 180 (с подмесом свежего воздуха)

t воды 28°C, t воздуха 30°C, относительная влажность 60%

Еще одним из поставщиков является «РОССПЕЦХОЛОД» производящий осушители для бассейнов меньших размеров.

Таблица 1 - Характеристики и цены осушителей DRY

Модель	DRY1200	DRY800	DRY400	DRY230	DRY100
Объем удаляемой влаги (л/сутки)	1200	800	400	230	100
Объем обработки воздуха(м ³ /час)	11000	8500	4800	3500	1600
Мощность на рабочем режиме	18,6 кВт	2,8 кВт	6,1 кВт	4,8 кВт	2,8 кВт
Холодопроизводительность в режиме охлаждения	34 кВт	23 кВт	15,3 кВт	10,1 кВт	7,1 кВт
Рабочая температура	1-45°C	1-45°C	1-45°C	1-45°C	1-45°C
Рабочая влажность	15-95%	15-95%	15-95%	15-95%	15-95%
Цена от	1900000 р.	1620000 р.	1065000 р.	760000 р.	436000 р.

В статье представлены технические характеристики осушителя производства КНР: Осушитель воздуха Fairland IDHE-120, Fairland IDHE-96, Fairland IDHE-90, Fairland IDHE-60.

Мощность и производительность:

Расход воздуха: от 600 до 1000 м³/ч

Производительность: от 60 до 120 л/сутки

Мощность: от 0,5 до 1 кВт

Рабочие характеристики:

Площадь помещения: от 120 до 240 м²
Рабочая температура: +10..+38 °С
Диапазон влажности: 30-95 %
Цена: от 335тыс. рублей до 520 тыс. рублей

В работе был произведен расчет воздухообмена бассейна площадью 275 м² (зеркало бассейна) для выбора осушителей.

Исходные данные: Площадь здания 2300 м², площадь зеркала бассейна 275м², объем помещения бассейна -1000м³, средняя глубина бассейна более1,35 м, количество купающихся от 30 до 55 человек.

Таблица 2 - Расчетные характеристики

Параметры	Ед. изм.	Теплый период	Холодный период
Влагосодержание наружного воздуха	г/кг	7,8	1,1
Влагосодержание воздуха в помещении	г/кг	14,3	14,3
Влаговыделение в рабочее время	г/кг	137,5	137,5
Влаговыделение в нерабочее время	г/кг	26,7	26,7
Расход наружного воздуха для ассимиляции влаги	м ³ /ч	18580,3	9135,3
Расход наружного воздуха по санитарным нормам	м ³ /ч	4400	4400

Снижение влажности воздуха производится конденсационным осушителем воздуха, часть влаги удаляется путем её ассимиляции приточным воздухом (приточный воздух подается по санитарным нормам).

Требуемая производительность осушителя воздуха при T=30°С и φ=55% - 442,7 кг/ч. К установке может быть принято 3 осушителя марки OS -6800.

Библиографический список:

1. Производство и проектирование вентиляционного оборудования и климатических систем [Электронный ресурс] <https://turkov.ru/>

УДК 693.8.

Конструктивные особенности высотных зданий с металлическим каркасом

Ямброськин М.В.

Научный руководитель - Девальтовский Е.Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Рост доли строительства высотных и уникальных зданий и сооружений сейчас в мире возрастает. Это связано с нехваткой территории для строительства, ростом населения. Поэтому для решения проблемы производится строительство высотных зданий, в которых можно разместить разных функциональных помещений, например, офисные, жилые помещения, гостиницы и другие.

Возведение зданий с применением металлического каркаса - это отдельная ниша строительных технологий. От сооружений складского назначения и гаражей до крупных спортивных комплексов и уникальных высотных объектов - все это диапазон применения стального каркаса.

Если сравнивать долю применения стального каркаса в России и за рубежом, то можно отметить, что в отечественной практике применение стали, как материала основных несущих конструкций, не нашло массового применения.

Низкий процент применения стального каркаса связан со следующими отечественными, исторически сложившимися стереотипами:

- советское прошлое, где применение стали для строительства разрешалось только в особых случаях;

- поколение конструкторов и проектировщиков, которые не имеют достаточных знаний и профессиональных навыков;

- убежденность в том, что металл применяется только для строительства объектов промышленного назначения;

- большие затраты на огнезащиту каркаса.

Металлический каркас обладает рядом очевидных преимуществ по сравнению с железобетонным каркасом:

- сокращаются сроки строительства;

- снижается масса здания в 3 раза;

- снижается требуемое количество рабочей силы;

- увеличивается полезная площадь здания более чем на 15%;

- появляются возможности вариативности планировок;

- сокращаются затраты на нулевой цикл (до 30%);

- снижаются объемы строительного мусора;

- появляются возможности всесезонного строительства;

- высокая сейсмостойкость здания, обусловленная высокими прочностными и пластическими характеристиками стали

В рамках исследований были изучены и разобраны конструктивные особенности высотных зданий.

Существует множество конструктивных решений высотных зданий. По результатам исследований наиболее распространенные системы, которые нашли применение в практике современного строительства : каркасная (л, м), рамно-каркасная (и), каркасно-ствольная (к).

Стальные несущие конструкции рационально применять в каркасных и смешанных системах, например, в каркасно-ствольной схеме.

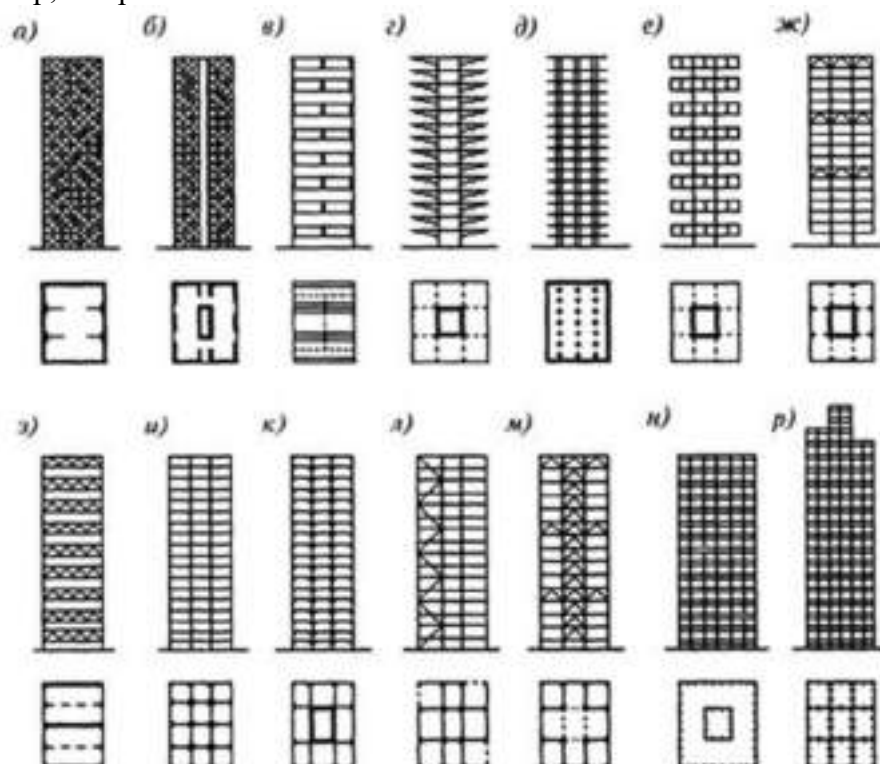


Рисунок 1 – Конструктивные решения высотных зданий

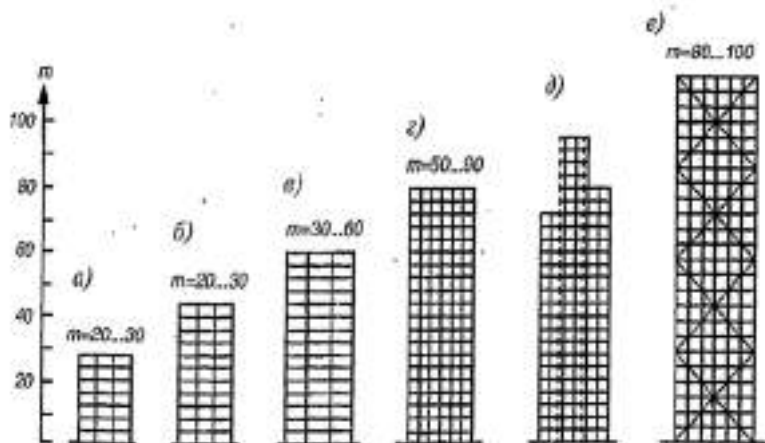
Каркасные и смешанные системы в зависимости от распределения функций между элементами каркаса для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости подразделяют на рамные, связевые и рамно-связевые.

Стальные несущие конструкции можно применять для многоэтажных зданий любой высоты.

Каждые рассмотренные ранее конструктивные схемы экономически целесообразны для зданий определенной высоты. На рисунке 2 приведены данные, характеризующие области применения разных конструктивных систем.

Для исследования было запроектировано высотное здание с 30 этажами.

Основываясь данным, показанные на рисунке 3, для высотного здания, следовательно, применена рамно-связевая конструктивная система с внутренним стволом жесткости.



а) рамная система; б) связевая или рамно-связевая с диафрагмами жесткости или внутренним стволом; в) то же; г) рамная система с внешней пространственной рамой; д) секционно-рамная система; е) связевая система с внешним стволом в виде пространственной фермы

Рисунок 2 – Области применения разных конструктивных систем

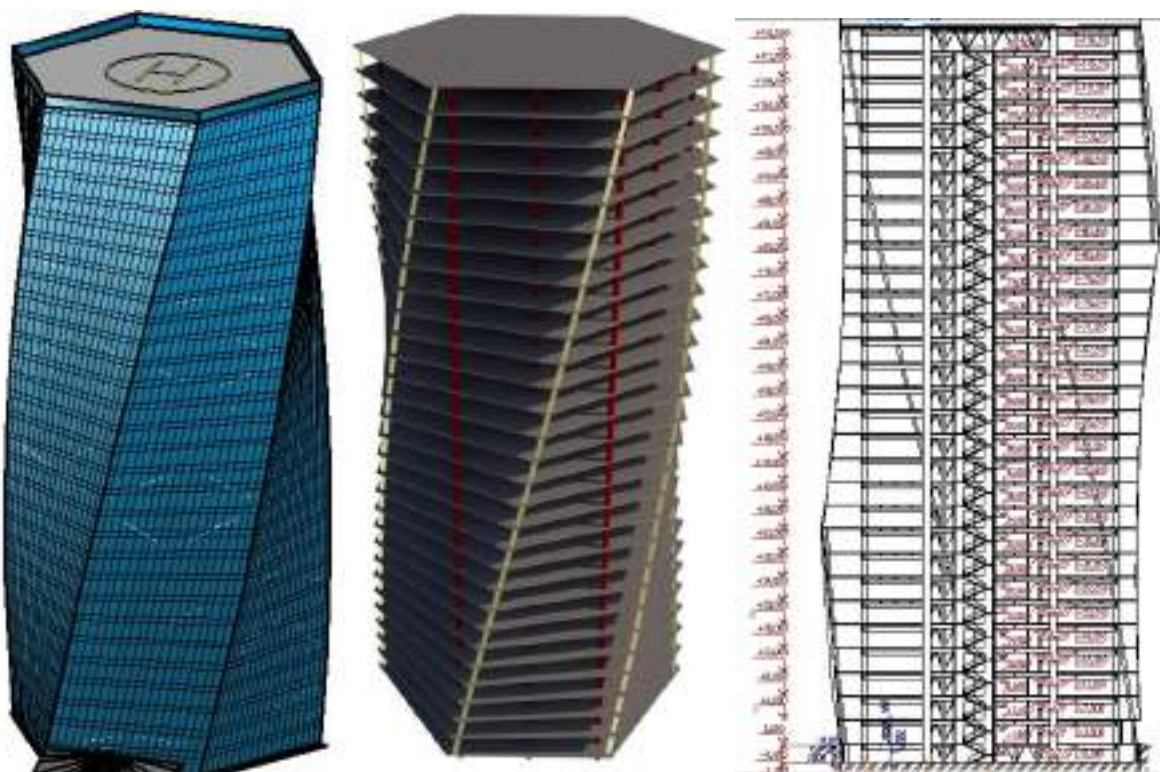


Рисунок 3– Фасад, каркас и разрез высотного здания

Для высотных зданий типы сечения колонн, которые применяются чаще остальных представлены на рисунке 4.

Большинство сечений колонн, применяемые в высотных зданиях – составные. Выбор типа сечения зависит прежде всего от вида и соотношения внутренних усилий.

Если изгибающие моменты отсутствуют или малы, а расчетные длины не превышают

обычной высоты этажа, можно выбрать компактные сечения «Г» и «Д».

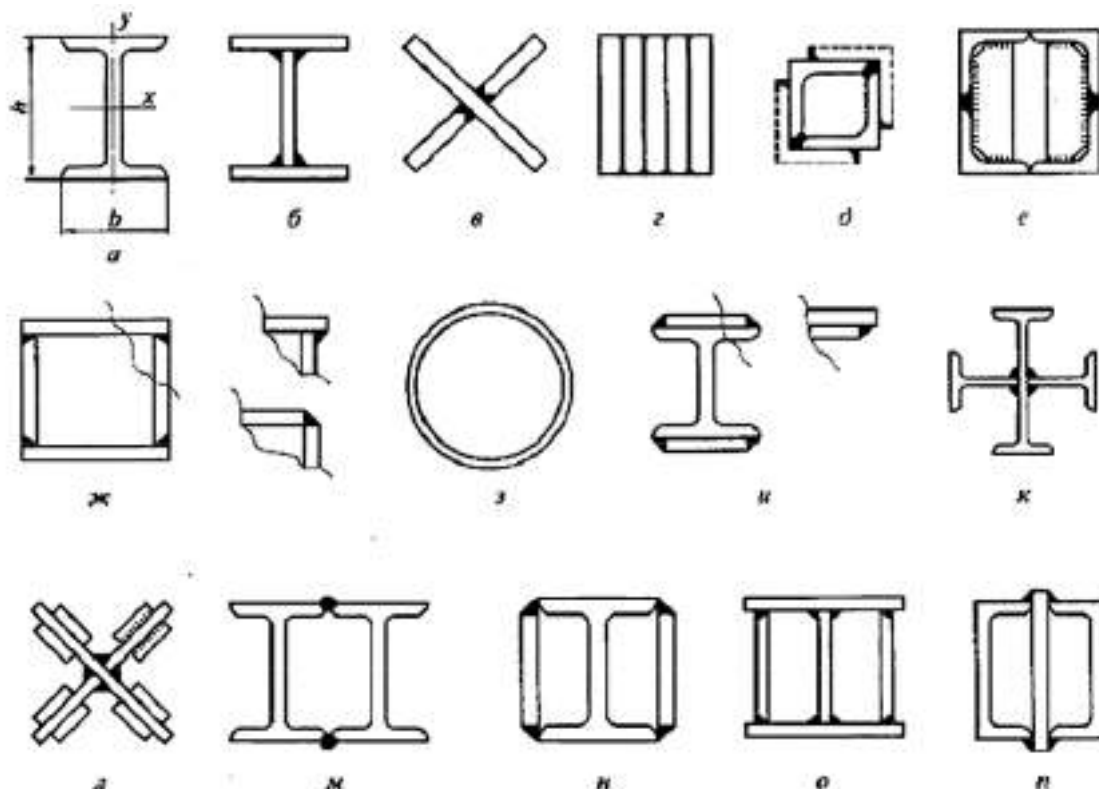


Рисунок 4 – Типы сечения колонн, применяемые в высотных зданиях

При пролетах до 12 м балки проектируют из сплошных обычных и широкополочных двутавров (а), сварных двутавров (б,в) с одинаковыми или разными полками. Сплошные балки коробчатого сечения (д) применяются при больших поперечных силах. При размещении инженерных коммуникация в пределах высоты перекрытия целесообразны перфорированные балки из широкополочных двутавров.

Тип сопряжения балок с колонной зависит от конструктивного решения высотного здания. В связевых системах применяют свободное (шарнирное) прикрепление балок к колоннам (рисунок 5), а в рамах - жесткое (рисунок 6).

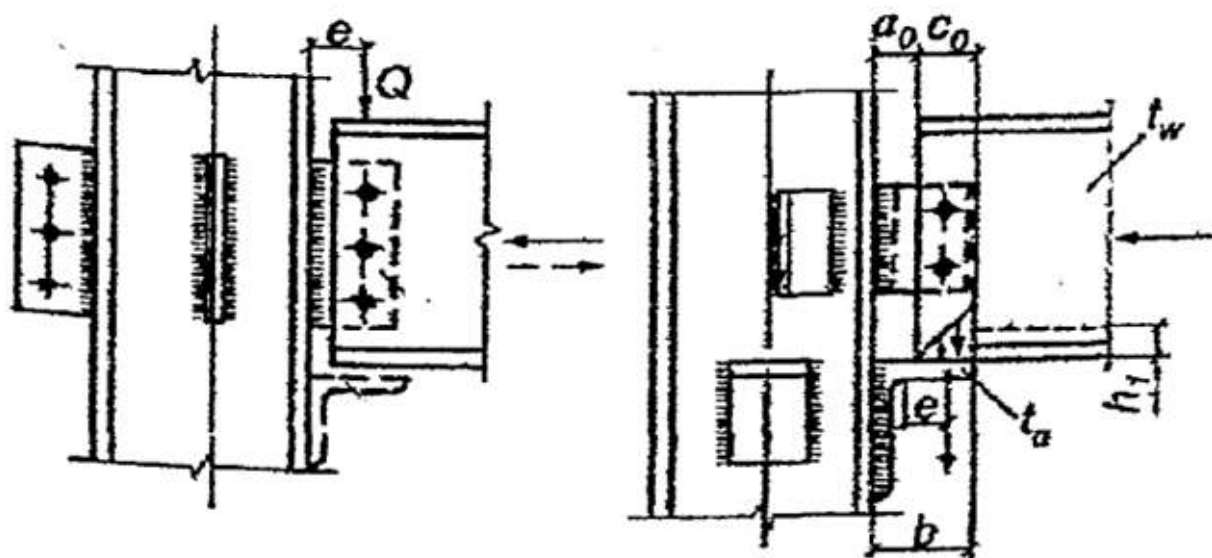


Рисунок 5 – Свободное прикрепление

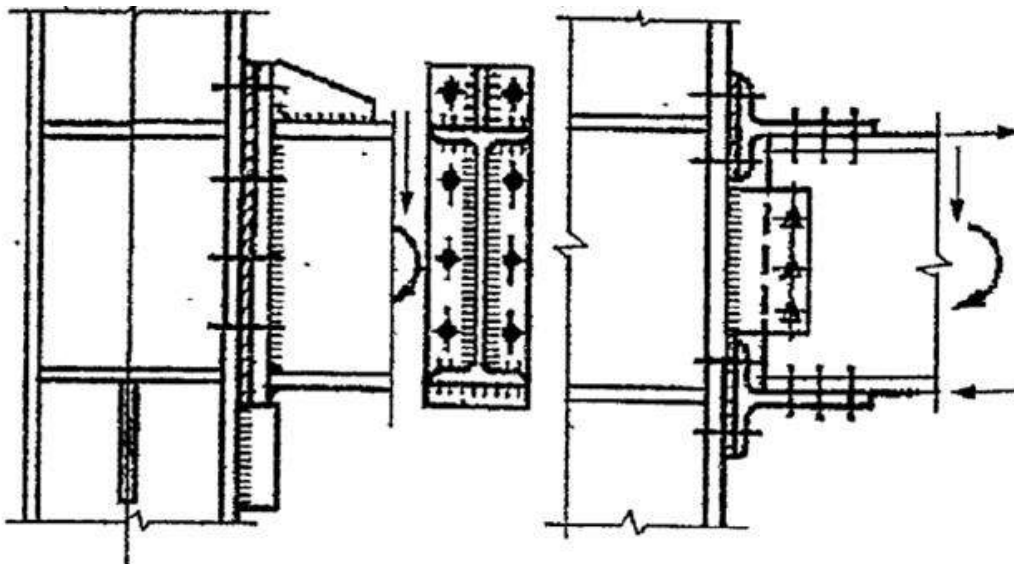


Рисунок 6 – Жесткое прикрепление

В рамках исследований был произведен расчет узла сопряжения главной балки с колонной. Устойчивость стенки круглой колонны в узле обеспечивается опоясывающими стальными листами совместно с вертикальными ребрами жесткости.

Принимаем толщину накладки $t_n=20$ мм. Сталь накладки С345. Условная поперечная сила имеет значение $Q_{fic}=205,43$ кН. Значение момента, изгибающего крепление в плоскости, определяется по формуле 1:

$$M_{пл.} = \frac{Q_{fic} \cdot l}{2}, \text{ кН} \cdot \text{м}$$

где Q_{fic} – условная поперечная сила;
 l – пролет,

$$M_{пл.} = \frac{205,43 \cdot 1}{2} = 102,72, \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Катет вертикальных швов определяется по формуле

$$k_f \geq \frac{\sqrt{36M_{пл.}^2 + Q_{fic}^2}}{\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}, \text{ мм},$$

где $M_{пл.}$ – момент, изгибающий крепление в плоскости, $M_{пл.} = 102,72$ кН·м;

Q_{fic} – условная поперечная сила, $Q_{fic} = 205,43$ кН;

β_f – коэффициент, зависящий от прочности стали, вида сварки, положения и толщины катета шва, принимается по таблице 39 [23], $\beta_f = 0,7$;

R_{wf} – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу шва,

$R_{wf} = 200$ Н/мм²;

γ_{wf} – коэффициент надежности, $\gamma_{wf} = 1$;

γ_c – коэффициент условий работы шва, $\gamma_c = 0,95$;

$$k_f = \frac{\sqrt{36 \cdot 102,7^2 + 202,23^2}}{0,7 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 0,95} = \frac{1640,5}{133} = 15,43.$$

Принимаем катет шва равным 16 мм.

Рисунок 8 – Расчет узла

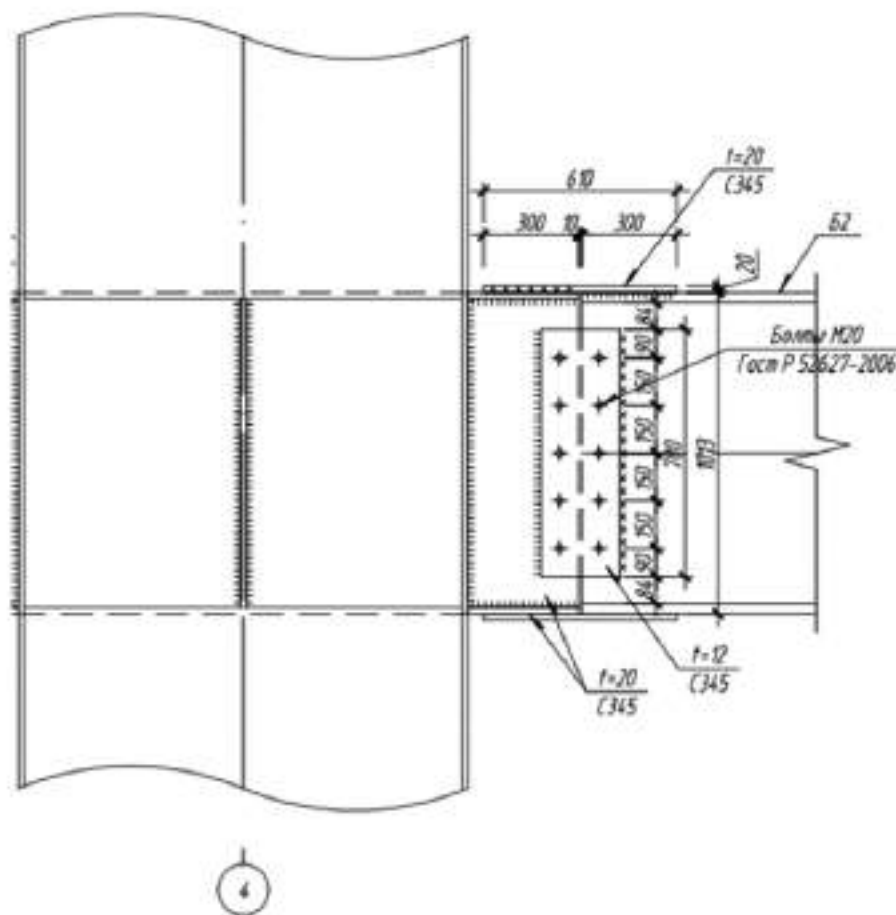


Рисунок 7 – Узел сопряжения главной балки с колонной

Требуемая длина сварных швов, через которые передается усилие:

$$l_{w, \min} = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \text{ мм,}$$

$$l_{w, \min} = \frac{-254.12}{0.75 \cdot 0.012 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 0.95} = 660,32 \text{ мм.}$$

Стальной каркас многоэтажного здания рассчитывают по критериям I и II групп предельных состояний.

Каркас высотного здания представляет собой многократно статически неопределимую систему, поэтому точный расчет можно выполнить только с использованием стандартных программ. Это позволяет отказаться от упрощенных предпосылок и в полной мере учитывать в расчетах эффект пространственной работы каркаса здания.

В данной исследовательской работе был произведен расчет каркаса здания. Он был выполнен в программе SCAD++ Office.

Сначала был произведен сбор нагрузок на покрытие и перекрытие типового этажа.

После назначения связей в узлах и приложения внешних нагрузок необходимо назначить жесткости всем конструктивным элементам здания, включая фундамент.

Расчетная схема высотного здания состоит из взаимосвязанных несущих конструктивных элементов. Одноименные элементы объединены в отдельную конструктивную группу. Для каждой группы назначил предварительную жесткость (тип сечения) и марку стали.

Согласно «СП 267.1325800.2016. Свод правил. Здания и комплексы высотные» при расчете необходимо учитывать нагрузки и воздействия в основных и особых сочетаниях.

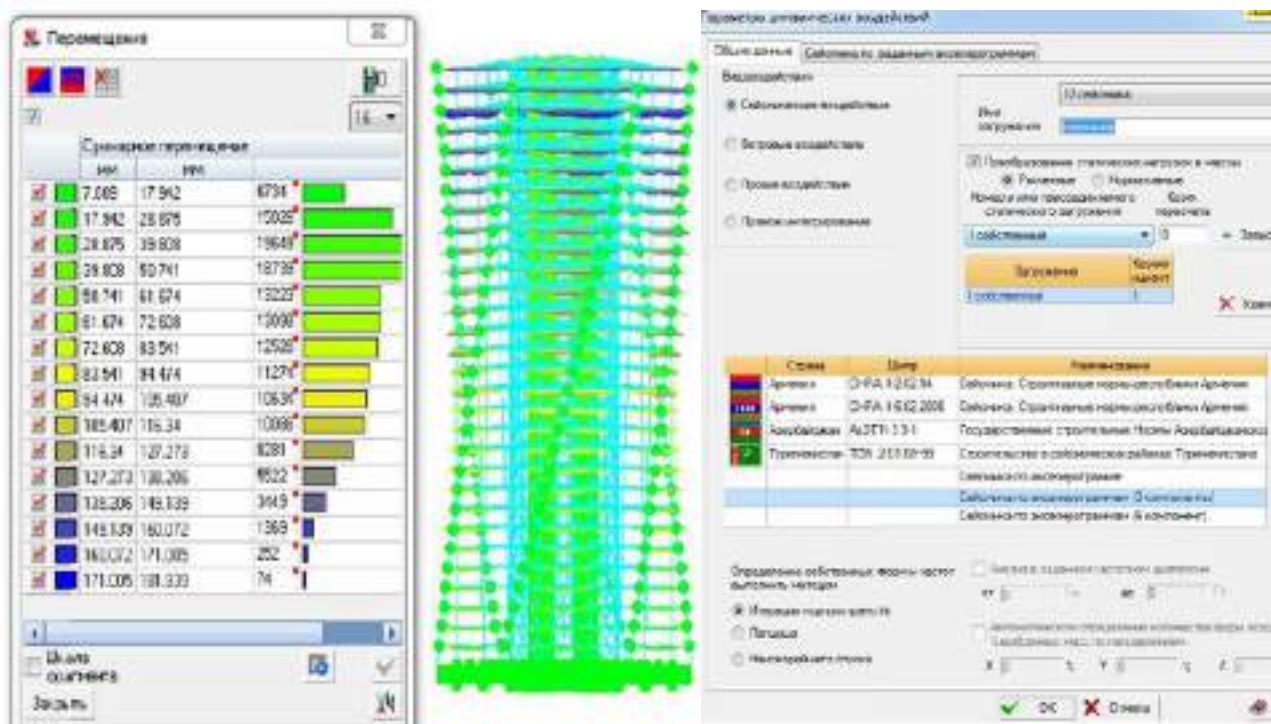


Рисунок 9 – Расчет в основных и особых сочетаниях

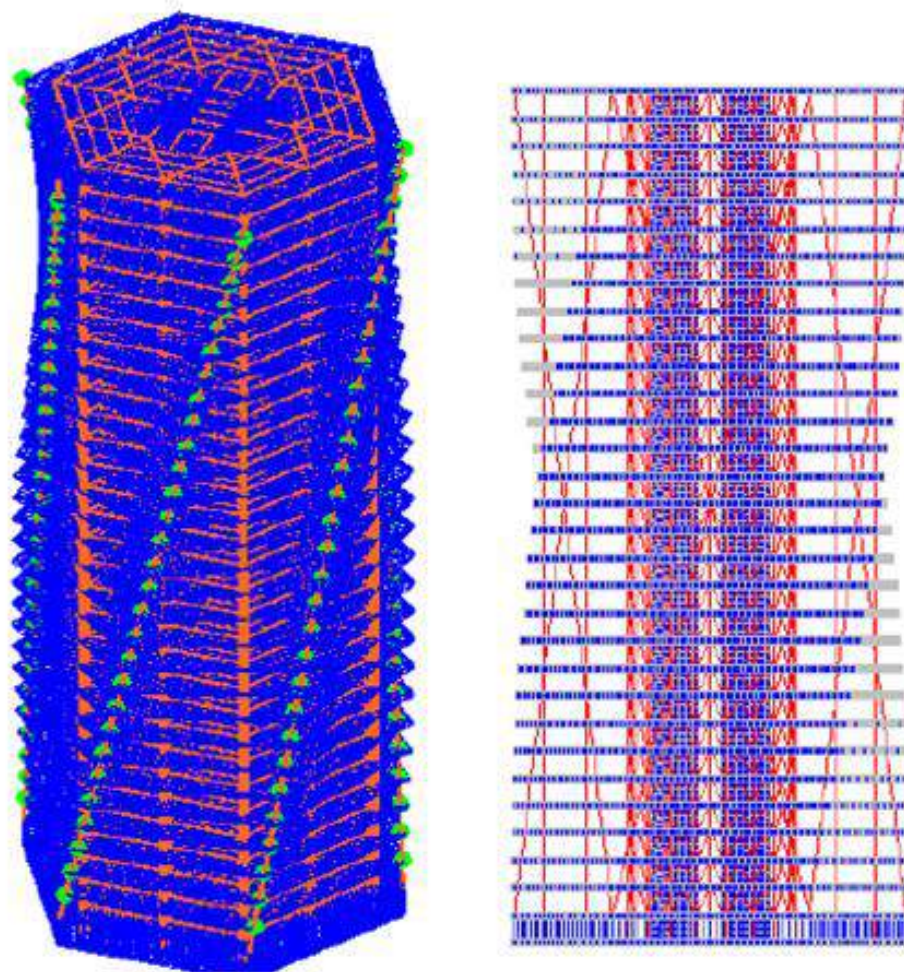


Рисунок 10 – Расчетная схема

После выполнения указанных ранее действий, был выполнен статический расчет каркаса с подбором сечений конструктивных элементов.

Согласно п. 8.3 «СП 267» высотные здания должны быть защищены от прогрессирующего обрушения.

Рассматриваем несколько расчетных ситуаций, в которых поочередно удаляем вертикальные несущие элементы каркаса.

Среди нескольких вариантов локальных обрушений, наиболее опасным оказался вариант выключения из работы основной колонны первого этажа.

С целью повышения устойчивости здания к прогрессирующему обрушению увеличиваем сечения конструктивных элементов и вновь осуществляем расчет. По результатам расчета достаточно увеличение сечение основной колонны.


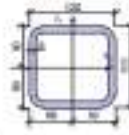




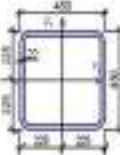


Наименование элемента	Профиль, марка стали	Эскиз	Наименование элемента	Профиль, марка стали	Эскиз
Основные колонны нижних этажей (до 15 этажа включительно) и колонны ядра жесткости	Трубы электросварные круглые по ГОСТ 30704-01, 1220x20 мм, 08Г2С		Раскосы ядра жесткости	Квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010, 120x8, С390	
Основные колонны верхних этажей (с 16 по 30 этаж включительно) и колонны ядра жесткости	Трубы электросварные круглые по ГОСТ 30704-01, 820x26 мм, 08Г2С		Горизонтальная балка Б1	Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-81, 90Б1, С390	
Стойка ядра жесткости нижних этажей (до 15 этажа включительно)	Квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010, 450x22, С390		Балка Б2	Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-81, 90Б1, С390	
Стойка ядра верхних этажей (с 16 по 30 этаж включительно)	Квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010, 450x22, С375		Балка жесткая Б3	Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-81, 90Б1, С390	
			Балка жесткая Б4	Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-81, 90Б1, С390	

Рисунок 11 – Подбор сечения конструктивных элементов

Библиографический список:

- СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные

СЕКЦИЯ 15. ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 674.8:662.638

Использование неликвидной древесины в производстве пеллет

Бояркина А.С.

Научный руководитель – Михайленко Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

В России количество выпускаемого древесного топлива с каждым годом растет. Это обусловлено наличием спроса на данный вид продукции, а также возможностью полноценно, рационально использовать ресурс древесной биомассы и перерабатывать отходы лесопромышленных производств.

При использовании древесных отходов в производстве пеллет есть ограничения по качеству применяемого сырья. В статье рассматривается возможность применения неликвидной древесины при производстве пеллет с добавлением технического лигнина. Актуальность обусловлена тем, что неликвидная древесина являясь крупнотоннажным отходом, не находит применения в экономики страны.



Рисунок 1 – Виды пеллет

- 1) *Белые пеллеты* - это пеллеты, которые сжигаются в печах, созданных для топлива повышенного и стандартного качества.
- 2) *Индустриальные пеллеты* – из-за наличия в исходном сырье несгораемых остатков, имеют темный цвет. Пеллеты данного вида имеют повышенную зольность, вследствие чего применяются только в котельных печах.
- 3) *Агропромышленные пеллеты* – производятся из отходов лузги подсолнечника или от шелушения гречки, имея очень темный цвет. Преимущество данного вида пеллет по сравнению с другими видами низкая цена, что позволяет использовать данный вид на больших тепловых станциях и сжигания в крупных котлах.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика существующих видов пеллет.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика существующих видов пеллет

Виды пеллет	Зольность	Теплота сгорания
Белые	$\leq 0,5 \%$	17,2 МДж/кг
Индустриальные	$\geq 0,7 \%$	17,0 МДж/кг
Агропромышленные	$\geq 3 \%$	15,0 МДж/кг

Пеллеты являются экологически чистым топливом. Уровень содержания золы не более 3%. Для производства топливных гранул используют отходы деревообрабатывающих производств. При получении качественных пеллет, количество лигнина не должно быть менее 20%.

При выборе пригодного сырья необходимо придерживаться следующих критериев:

- состав исходного сырья не может содержать мусор, твердые примеси или другие несгораемые минеральные остатки;
- исходное сырье обязательно должно содержать органические смолы или лигнин;
- влажность исходного сырья не должна превышать 35-40%.

Мы рассмотрели данный вопрос, т.к. в настоящее время глубоко и подробно исследованы лишь способы и технологии производства пеллет из здоровой древесины и коры, а использование неликвидной древесины в качестве сырья не изучены.

Неликвидная древесина – это древесина, которая при неблагоприятных воздействиях и повреждений гнилью, утратила технические свойства для использования в хозяйственных целях.



Рисунок 2 – Неликвидная древесина

Неликвидная древесина является гигроскопичной из-за увеличенной пористости, следствием чего является разрушение клеток гнилевыми грибами. При этом влажность может достигнуть таких высоких значений, что использование такой древесины является нецелесообразным.

От степени поражения гнилью неликвидной древесины, также зависит содержание лигнина. Недостаточное содержание лигнина в исходном сырье негативно влияет на прочность и степень истираемости пеллет. Однако при его избыточном содержании приводит к увеличению показателей зольности выше требуемых стандартами.

Различают следующие процессы гниения: деструктивный и коррозионный.

Разрушение лигнина, и частично полисахоридного комплекса указывает на коррозионный процесс. А разрушение только полисахоридного комплекса (целлюлозы и гемицеллюлозы) указывает на деструктивный процесс.



б – плодовое тело корневой губки; в – сосновая губка; г – еловая губка; д – еловый комлевой трутовик; е – дубовый трутовик;

Рисунок 3 -Виды грибов, вызывающие корризионную гниль: а- гниль от корневой губки;



а- гниль от корневой губки; б – плодовое тело корневой губки; в – сосновая губка; г – еловая губка; д – еловый комлевой трутовик; е – дубовый трутовик;

Рисунок 4 – Виды грибов вызывающие деструктивный тип гнили:

В таблице 2 приведена сравнительная характеристика здоровой и неликвидной древесины.

Таблица 2 – Химический состав здоровой и неликвидной древесины

Древесина и стадия гнили	Зола	Целлюлоза %	Лигнин %	Пентозаны %	Удельный вес
Неповрежденная ель	0,56	56,0	23,55	9,0	0,52
Ель слегка имеющая корневую губку	0,75	55,2	22,18	9,2	0,45
Ель среднего поражения	1,11	55,6	20,50	8,3	0,40
Ель сильного поражения	2,50	56,0	16,08	7,1	0,33
Ель очень сильного поражения	2,03	48,2	15,10	6,1	0,15
Ель пораженная домовым грибом	0,64	44,0	24,60	7,3	0,44
Ель с поражением 2 степени	1,44	24,6	49,98	7,9	0,38
Ель с поражением 3 степени	1,15	7,8	56,58	5,8	0,30

Степень поражение гнилевыми грибами зависит от породы, толщины и возраста неликвидной древесины. С увеличением возраста вероятность заражения гнилевым грибом возрастает.

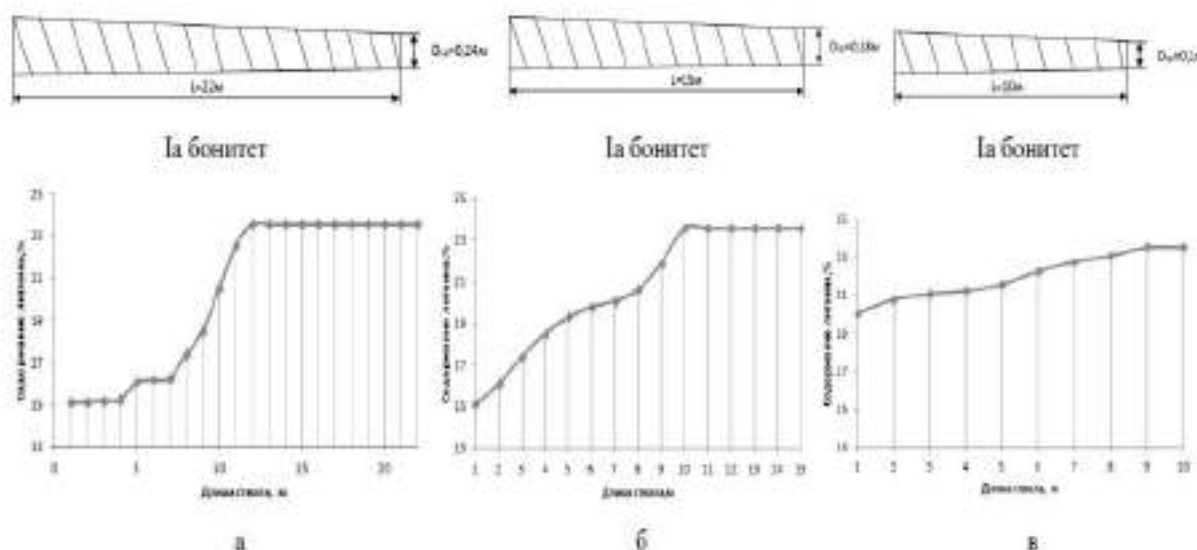


Рисунок 5 – Пример продольного профиля содержания лигнина в стволе ели, при поражении ствола еловой губкой

В производстве топливных пеллет эффективно используется лигнин. Лигнин является отходом производства целлюлозно-бумажных предприятий. При добавлении технического лигнина в исходное сырье из неликвидной древесины, мы получаем пеллеты соответствующие европейским стандартам. При малом наличии технического лигнина в исходном сырье, степень истирания увеличивается, твердость уменьшается.

Из-за неравномерного распределения гнили в столе дерева, при добавлении технического лигнина требуется разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом.

В статье мы предлагаем рассмотреть устройство для использования неликвидной древесины при производстве пеллет.

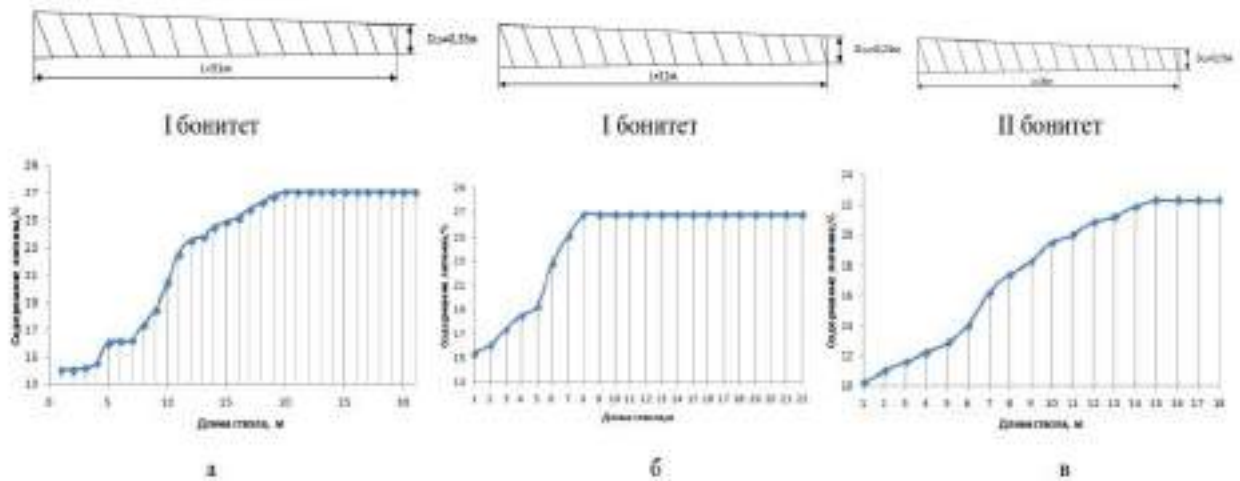
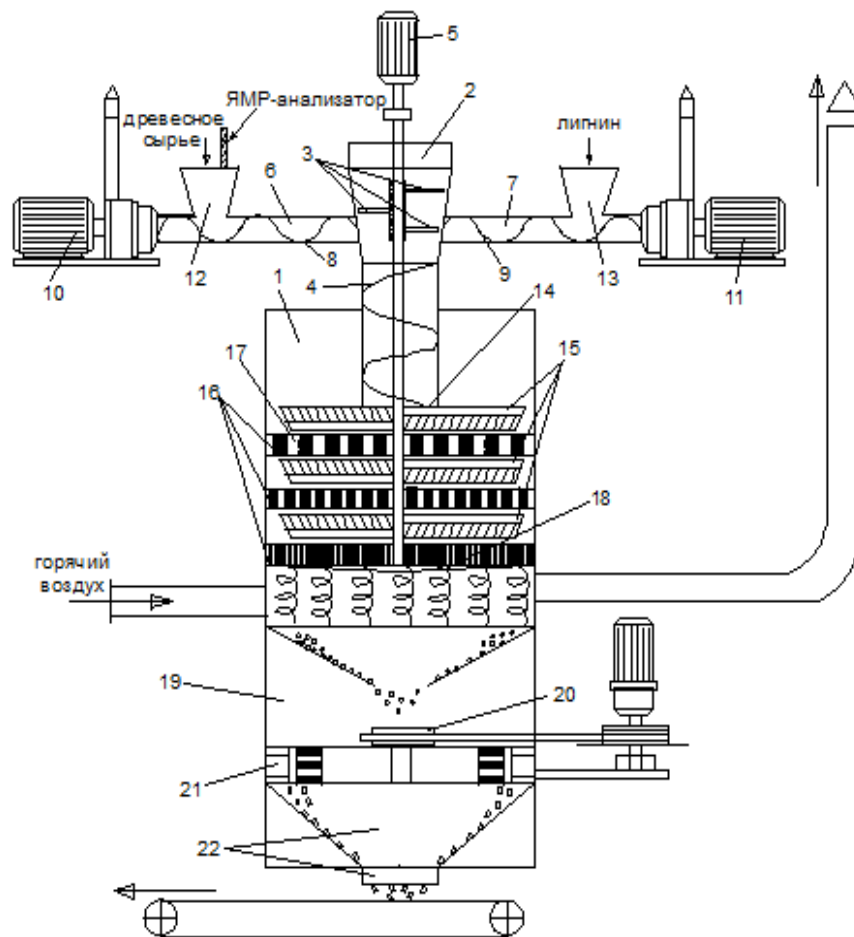


Рисунок 6 – Пример продольного профиля содержания лигнина в стволе сосны, при поражении ствола сосновой губкой



1 корпус, 2 смеситель, 3 мешалка, 4 вертикальный шнек, 5 электродвигатель, 6, 7 линии подачи древесного сырья и лигнина, 8,9 шнеки, 10,11 регулируемый электродвигатель, 12,13 шлюзы для подачи сырья и лигнина, 14 нижняя часть вала, 15 рубительные ножи, 16 неподвижные диски, 17 калибровочные отверстия, 18 дозатор, 19 сушильная камера, 20 дозатор, 21 пресс-гранулятор, 22 сопло.

Рисунок 7 - Схема устройства для производства пеллет.

Работа устройства происходит следующим образом: Через шлюз на линии подачи происходит одновременная подача сырья и лигнина со шнеками, при помощи регулируемых электродвигателей. Перемещаясь, сырье, попадает в смеситель с мешалками, в нижней части закреплен вертикальный шнек, который вращается при помощи электродвигателя. Рубительные ножи с различным количеством лезвий посажены на нижний вал. Попадая на рубительные ножи древесное сырье дробится, проталкивается через калибровочные отверстия неподвижных дисков. Мелкое сырье через дозатор поступает в сушильную камеру. В сушильной камере под действием горячего воздуха высушивается до 10-12% влажности. После сушки через дозатор порции сырья поступают в пресс-гранулятор. Полученные пеллеты перемещаются к нижней части устройства, проходят через сопло для охлаждения, и перемещаются на транспортер для упаковки.

Данное устройство позволит использовать неликвидную древесину при производстве пеллет. В таблице 3 приведен сравнительный анализ имеющихся сортов пеллет и пеллет из неликвидной древесины.

Таблица 3 – Сравнительный анализ сортов пеллет и пеллет из неликвидной древесины.

Параметры	Сорт пеллет				
	Стандартные	Белые	Индустриальные	Агропромышленные	Пеллеты из Неликвидной древесины
Содержание воды, %	10	7,27	8,15	9,4	9,072
Истирание	1	0,9	2,0	3,4	5,288
Насыпная масса, кг/м ³	600	650	630	600	721,88
Теплота при сгорании, МДЖ/кг	16,5	17,2	17,0	15,0	20,874
Зольность, %	0,7	0,5	0,7	3	2,421
Длина, мм	3,15-40	40	40	40	40
Диаметр, мм	5-7	6	6	6	6

Заключение. В ходе проведения сравнительного анализа сортов пеллет и пеллет из неликвидной древесины, мы пришли к следующим выводам: по показателям теплоты сгорания пеллеты из неликвидной древесины превосходят белые пеллеты, а вот по уровню зольности и степени истирания пеллеты из неликвидной древесины имеют сходства с агропромышленными.

Библиографический список:

1. Неликвидная древесина. [Электронный ресурс] <https://agmo.mosreg.ru/> (дата обращения 1.03.2022).
2. Производство пеллет. [Электронный ресурс] <https://vse-otoplenie.ru/> (дата обращения 3.03.2022).

УДК 674.81

Сравнительный анализ вездеходов для лесного комплекса

Чемшикова Ю.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Лесной комплекс объединяет лесное хозяйство и лесную промышленность, которая, в свою очередь, подразделяется на лесозаготовительное производство и деревоперерабатывающую промышленность.

В данной статье речь пойдет о лесных шинах колесных вездеходов, которые можно использовать для нужд лесничеств и лесопарков, а также для решения задач лесопромышленных предприятий, занимающихся заготовкой древесины и лесовосстановлением.

Работоспособность вездехода должна обеспечиваться в диапазоне температур от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Габаритная высота вездеходов не должна превышать 4 м, ширина не должна превышать 2,55 м, а длина одиночных несочлененных вездеходов не должна превышать 12 м, сочлененных - 20 м.

Лесные машины нуждаются зачастую по причине сложной местности и для выполнения работы необходим специальный комплект шин. Лесные шины должны выдерживать высокие механические нагрузки и надежно фиксировать лесную машину. Но в то же время они должны как можно бережней нагружать почву (...меньше причинять вред почве). В этом направлении конструкторы (шин), постоянно совершенствуют лесные шины, они работают над новыми конструкциями, размерами шин и профилями. Для достижения этих целей, прежде всего необходимо использовать более широкие радиальные шины, низкопрофильные шины и гусеничную ленту, а также развивать систему электронной автоматической регулировки давления (в шинах) и пробуксовки.

Современные самоходные лесозаготовительные машины являются либо СТЛ-машинами («Cut-To-Length» (обрабатывать изделие на определенную длину), как харвестер и форвардер) или трелёвщиками. Используют объем и комбинации этих трех основных типов. Отсюда основные требования предъявляют к шинам. Они должны стать платформой (основанием, опорой) для машины и выдерживать сложности рельефа. Это определяют отличительные микрорельефу (бугорки, камни, пеньки, ступени), локально значительные подъемы (до 40%) и изменчивое состояния почвы с повышенной влажностью. Кроме этого, подвергают нагрузке острые предметы (сучья, шипы и т. д.) и деформирование шины.

Помимо этих основных требований, которые распространяются в основном на харвестер, добавляется для форвардера приём нагрузки при транспортировке леса. При этом должны нагрузка на колесо поддерживается от трех до пяти тонн. У машины, трелюющей бревно (трелёвщик и соответствующие комбинированные машины) тяговые усилия передается на шины. Кроме того эти функции должны в не повреждающий почву образом могут быть удовлетворены.

Лесные шины для легких лесных машин. Для тракторов лесные шины диагональной конструкции делаются с уменьшенными значениями грузоподъёмности (несущей способностью) и, следовательно, низким PR-числом, отказался стального армирования для защиты от проколов. В зависимости от цели использования шины с тяговым профилем для тракторов с двигателями различной мощности, работающих преимущественно (в основном) в лесу или по дорогам с высокой долей движения. Различают возникают в основном при назначении шипов, интервале между шипами и шириной, а также при дизайне центральной части шины. Несмотря на преобладающий тяговый профиль, пробуют для дорожного использования определенного шпильки уплотнения добиться. Для тракторной шины в исключительных и тяжелых лесных условиях, защита от проколов имеет важное значение.

До сих пор развитие лесных шин формирует оптимизация устойчивости и несущей способности в условиях очень тяжелых дорожных условий. Для этого цели очень твердые шины изготавливаются из относительно твердых резиновых смесей, они нуждаются в сравнительно высоком внутреннем давлении. По причине надежности доминирует диагональная конструкция лесных автомобильных шин. В профилях предпочитают относительно агрессивные тяговые профили. Импульс-тяговые профили можно используют ограниченно, если они не работают с гусеничными лентами. Использование радиальных шин, усиленное применение широких шин, при необходимости низкопрофильные конструкций, а также применение гусеничных лент в настоящее время способствуют лучшему сбережению почв.

Пробуксовка и образование колеи. По причине нагрузки от грунта и шин сначала возникают прежде всего продольные деформации зацепления шин и почвы. Шина продолжает вращаться как автомобиль подъезжает, возникает пробуксовка (проскальзывание). Тяговое усилие будет высоким, настолько что колесо будет срезать почву и вызывать (образовывать) колею. Колесо зарывается в землю, тем самым образуя колею. Этот эффект принципиально нежелательный, так как трелёвочный волок после многократных проездов нельзя использовать.

Поэтому во время эксплуатации необходимо стремиться свести (удержать) пробуксовку к минимуму. Это только до некоторой степени полезно, поскольку без проскальзывания может быть построена. Проскальзывание превышающие значения выше 20% по возможности следует избегать: это возможно с помощью антипробуксовочной системы (ASR).

Эффект уплотнения в основном вертикальная нагрузка уплотняют почву. Когда нарушение функций почвы (например, воздухообмена, водного и питательного снабжения) больше не обеспечивается, это говорит о вредных уплотнениях. Между тем как уплотнение для почвы выглядят принципиально проблематичными, они могут быть проход технически выгодными, так как они увеличивают несущую способность дорожного полотна и снижают сопротивление качению. В принципе уменьшение веса машины позволяет увеличить площадь контакта, диаметр и ширину шины, а также снизить давления в шинах уменьшают уплотнение. Однако вопреки сказанному, в последние годы вес машин скорее возрос и размеры шин достигли определенных границ. Хотя некоторое и незначительное увеличение ширины шины еще возможно. Помимо этого, последовательное применение радиальных шин может еще больше уменьшить нагрузка на почву. Критичными в этой взаимосвязи являются высокие PR числа сегодняшних лесные шины. Что бы шины на твёрдой поверхности правильно прокручивались и необходима прочность против внешней нагрузки, часто требуется давление заполнения от трех до пяти бар. На мягком грунте снижение давления в шинах возможно при определенных обстоятельствах. Однако это требует введения системы регулирования давления в шинах.

Размеры шины наряду с конструкцией, размеры шины предлагают ещё некоторые возможности для развития. Под рабочей поверхностью образуется поле напряжения, которое в зависимости от состояния почвы, ширины покрышки и давление сверху тянется на различную глубину в почву. В принципе давление измеряется как сила, которая распределяется на площадь контакта (шины с дорогой). Отсюда давление на грунт уменьшается, если длина или ширина шины увеличится. К сожалению распределение давления в шинах длина-ширина не равномерно, но давление под шинами увеличивается к центру, там оно достигает своего максимума. Поскольку силы тяги развиваться прежде всего в продольном направлении шины, сначала выгодно было бы увеличить диаметр шин. Конструкция современных лесозаготовительных машин это позволяет, однако, по крайней мере у *Vogelachsggregaten* со своими двумя близкими осей, едва ли можно еще увеличивать диаметр шин. Поэтому лесные шины фактически могут «расти только в ширину». На больших харвестерах и форфардарах сегодня устанавливают шины с шириной от 700 до 750 миллиметров уровня техники, в большинстве случаев производители предлагают шины шириной до 800 миллиметров. Ещё более широкие шины, как они частично встречается в сельском хозяйстве (1.000 мм), найти по меньшей мере в настоящее время себе нишу применения, так как они с одной стороны очень дорогие и отчасти даже заметно на дороги допустимая ширина возвышались. Размеры трелёвочного волокна устанавливают четкую границу.

Практически все современные модели колесных вездеходов имеют прочный металлический корпус рамы, не боящийся внешнего механического воздействия, и сделанный по принципу подводной лодки – когда в герметичном корпусе рамы установлены переборки, разделяющие корпус на отсеки, заполненные воздухом. Корпус кабины, или кабин, вездехода делается из очень прочного пластика, способного выдержать прямое падение дерева на него, или переворот. То есть, можно говорить о том, что они соответствуют требованиям основных нормативных документов в области безопасности для самоходных лесных машин: ГОСТ Р ИСО 8082-1-2012, ГОСТ Р ИСО 8083-2008, ГОСТ Р ИСО 8084-2005, а также ГОСТ Р ИСО 3164-2002.

Библиографический список:

1. Бурмистрова О.Н., Чемшикова Ю.М., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Тамби А.А. Теоретическое обоснование параметров средооадающего движителя гусеничного вездехода // Системы. Методы. Технологии. № 2 (42). 2019. С. 81-88.

2. Добрецов Р.Ю., Григорьев И.В., Рудов С.Е., Тетеревлева Е.В., Чемшикова Ю.М. Увеличение подвижности гусеничных и колесных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. № 11. 2019. С. 4-10.
3. Григорьев И.В. Редькин А.К., Валяжонков В.Д., Матросов А.В. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ. Учебное пособие. – СПб: ЛТА, 2010. – 330 с.
4. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.
5. Бурмистрова О.Н., Тетеревлева Е.В. Легкие вездеходы для лесного хозяйства и лесозаготовок // Материалы Международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы», под редакцией Н.С. Захарова – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 34-37.

УДК 630*32

К вопросу об организации лесопильного цеха по производству обрезных пиломатериалов

Нурутдинов Э.Р.

Научный руководитель – Коломинова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Темой исследования является модернизация лесопильного цеха по производству обрезных пиломатериалов по ГОСТ 8486-86, ГОСТ 2454-80 с годовым объемом 95 тыс. м³.

Целью исследования является внедрение современного оборудования в лесопильный цех по производству обрезных пиломатериалов с целью уменьшения отходов, увеличения объемов производства и увеличения прибыли.

Задачи:

1. Исследовать текущий технологический процесс и технико-экономические показатели;
2. Подобрать оборудование для внедряемого технологического процесса;
3. Произвести расчет технико-экономических показателей нового оборудования;
4. Выполнить сравнение технико-экономических показателей базового и нового оборудования.

В базовом технологическом процессе в качестве головного оборудования применяются две двухэтажные лесопильные рамы марки РД-75-6.

Вспомогательным оборудованием служит: 1. Бревнотаска марки БА-3М – 1 шт.; 2. Обрезной станок марки Ц2Д-5А – 2 шт.; 3. Торцовочный станок марки ЦТЗ-2М – 1 шт.

Внутрицеховое оборудование: 1. Роликовый конвейер за лесопильной рамой первого ряда марки ПРД-100; 2. Роликовый конвейер за лесопильной рамой второго ряда марки ПРДП-100; 3. Поперечный конвейер марки ТЦТ-5; 4. Роликовый конвейер за обрезным станком марки ПРДН-6; 5. Продольный ленточный конвейер марки КСЛ-4040-60.

Основным видом деятельности лесопильного цеха является производство обрезных пиломатериалов по ГОСТ 8486-86, ГОСТ 2454-80. Годовой объем производства лесопильного цеха 95 тыс. м³. Общая площадь лесопильного цеха составляет 500 м². Головным оборудованием являются две двухэтажные лесопильные рамы марки РД-75-6. Распиловка производится в основном с брусочкой также может производиться распиловка вразвал.

Виды выпускаемой продукции: существенная часть выпускаемой продукции – это обрезные пиломатериалы (84,6% или 80,37 тыс. м³/год).

Второстепенная продукция, проявляющаяся в ходе распиловки: 1. Обапол (3,2% или 3,40 тыс. м³/год); 2. Мелкая пилопродукция (1,5% или 1,425 тыс. м³/год); 3. Кусковые отходы для производства щепы (3% или 2,85 тыс. м³/год).

Лесопильный цех имеет собственный нижний склад, где производится раскряжевка на сортименты и сортировка. Годовой объем производства нижнего склада 220 тыс. м³. Общая

площадь нижнего склада 11000 м². Тип склада прирельсовый. Основное оборудование нижнего склада: 1. Козловой кран марки ЛТ-62; 2. Раскряжевочные установки марки ЛО-15А; 3. Лесотранспортер марки ЛТ-182.

Резервный запас – 4% от 220 тыс. м³ – 8800 м³.

Раскряжевка – 96% от 220 тыс. м³ – 211200 м³.

Отходы раскряжевки – 4% от 211200 м³ – 8448 м³.

Сортировка сортиментов – 92% от 211200 м³ – 194304 м³.

Отходы сортировки – 4% от 194304 м³ – 7772,16 м³.

Собственные нужды – 10% от 194304 м³ – 19430 м³.

Штабелевка и подготовка сортиментов – 90% от 194304 м³ – 174873,6 м³.

Итого выпуск готовой продукции в год – 174,873 тыс. м³/год.

Анализ существующего технологического процесса лесопильного цеха.

1. Производственный процесс начинается с выгрузки хлыстов краном марки ЛТ-62;

2. Далее производится раскряжевка хлыстов раскряжевочной установкой ЛО-15А;

3. После раскряжевки производится сортировка сортиментов лесотранспортером марки ЛТ-182.

4. Затем козловой кран марки ЛТ-62 выгружает отсортированные сортименты на накопитель с механизмом поштучной выдачи, с накопителя сортименты поштучно сбрасываются на бревнотаску марки БА-3М и поступают в лесопильный цех.

5. Впоследствии сортимент сбрасывается сбрасывателем марки СБР-40 на впереди рамную гидравлическую тележку. Сортимент устанавливают в нужном положении и подают на распиловку в лесопильную раму первого ряда марки РД-75-6. После распиловки сортимента на 70-80%, рабочий освобождает бревно захват и возвращает тележку в первоначальное положение для подачи нового сортимента.

6. Постав пил пилорамы первого ряда установлен для распиловки с брусочкой, сортимент распиливается на двухкантный брус и необрезные доски. Лесопильная рама оснащена дополнительным устройством для задержания горбылей во время распиловки сортимента.

7. Брус и необрезные поступают на роликовый конвейер марки ПРД-100, на котором происходит разделение на два потока. Брус сдвигается в сторону второй лесопильной рамы к брусоперекладчику марки БрП-80, а необрезные доски подаются на поперечный конвейер марки (ТЦТ-5), и направляются к обрезному станку марки Ц2Д-5А. Горбыли сбрасываются в люк за лесопильной рамой первого ряда.

8. С брусоперекладчика брус подается на роликовый конвейер марки ПРДВ-80, где производится фиксирование бруса и подача в постав пил рамы второго ряда. На пилораме второго ряда брус распиливается на доски (центральные обрезные и боковые необрезные). Они подаются на роликовый конвейер за лесопильной рамой второго ряда марки ПРДП-100, где происходит разделение обрезных досок от необрезных. Необрезные доски поступают поперечным конвейером марки ТЦТ-5 к обрезному станку марки Ц2Д-5А.

9. Обрезные доски, передвигаясь между разделительными элементами роликового конвейера ПРДП-100, перемещаются на ленточный транспортер марки (КСЛ4040-60), с которого снимаются навесным рольгангом на сборочный поперечный транспортер к торцовочным станкам марки ЦТЗ-2М и после оторцовки поступают к участку пакетирования.

10. Необрезные доски от пилорам первого и второго ряда после раскроя по ширине на обрезном станке марки Ц2Д-5А по конвейеру поступают на участок торцовки ЦТЗ-2М и далее поступают на участок сортирования и пакетирования.

11. Пакеты с готовой пилопродукцией вывозятся автопогрузчиком на склад готовой продукции или на погрузочную площадку.

12. При распиловке сортиментов кроме обрезных досок выходят горбыли, рейки, отрезки древесины. Все эти отходы технологического процесса сбрасываются в люки в полу цеха и отправляются в рубильную машину.

13. Для транспортировки отходов (опилок, мелких кусковых отходов) образующие в ходе производственного процесса используют скребковые транспортеры.

В ходе исследования технологического процесса можно выявить несколько проблем:

1. Головное оборудование не позволяет производить индивидуальный раскрой;
2. Жесткие требования к сырью (по диаметру и качеству сырья);
3. Низкое качество пиломатериалов;
4. Высокое количество отходов;
5. Сложность подготовки и обслуживание головного оборудования.

В таблице 1 приведены технико-экономические показатели базового лесопильного цеха.

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что уровень рентабельности предприятия в пределах 10%; себестоимость продукции низкая; наблюдается большое количество отходов и низкая сортность пиломатериалов.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели базового лесопильного цеха

Наименование показателей	Единица измерения	Показатели
Объем выпускаемой продукции	м ³	95000
Вид выпускаемой продукции пиломатериалы:		
- пиломатериалы	м ³	80370
- обапол	м ³	3040
Мелкая пилопродукция	м ³	1425
Годовой фонд заработной платы:		
а) основных рабочих	руб.	4436798
б) вспомогательных рабочих	руб.	2082576
в) ИТР, служащих и МОП	руб.	766800
Численность рабочих:		
а) основных рабочих	чел.	28
б) вспомогательных рабочих	чел.	6
в) ИТР, служащих и МОП	чел.	3
Средняя заработная плата		
а) основных рабочих	руб.	13204,0
б) вспомогательных рабочих	руб.	10505,0
в) ИТР, служащих и МОП	руб.	21300,0
Выработка на одного рабочего	м ³	2794
Выработка на одного работающего	м ³	2568
Расход силовой энергии	кВт/ч	1361599,13
Себестоимость единицы продукции	руб.	2887,42
Прибыль	руб.	27430520,20
Рентабельность	%	10

Вывод: На нижнем складе предприятия производят сортименты в объеме 174,873 тыс. м³ в год, а лесопильный цех перерабатывает только 95 тыс. м³ в год, т.е. 54,33% от всего производства. Таким образом, при модернизации лесопильного цеха можно будет не только улучшить сортность пиломатериалов и уменьшить количество отходов, но и увеличить объем производства.

56. Подбор оборудования для внедряемого технологического процесса.

Предлагаем провести:

1. Замену пилорамы первого ряда (РД-75-6) на многопильный станок на дисковых пилах для распиловки бревен (СБГ-480) с гусеничной подачей;
2. Замену пилорамы второго ряда (РД-75-6) на двухвальный многопильный станок (Белая Акула 2Ц16-400);
3. Замену обрезных станков марки (Ц2Д-5А) на одновальные многопильные станки (Танк КС-1000);
4. Замену торцовочных станков марки (ЦТЗ-2М) на станки торцовочные проходного типа СТП-6000.

Преимущества замены лесопильных рам первого и второго ряда состоят в улучшении качества выпускаемой продукции, увеличение полезного выхода, а также увеличение объемов производства [1].

Замена лесопильной рамы первого ряда на многопильный станок (СБГ-480) с гусеничной подачей позволит обрабатывать сортименты диаметром от 20 до 45 см с меньшими потерями времени и отходами. Постав пил в многопильном станке легче менять относительно пилорамы. Также можно отметить, что у многопильного станка есть гусеничная подача, которая автоматически фиксирует сортимент и отправляет его в постав пил.

Замена пилорамы второго ряда на двухвальный многопильный станок (Белая Акула 2Ц16-350) даст возможность избежать пороков от распиловки бруса и также увеличить скорость распиловки.

Преимущества замены обрезных и торцовочных станков состоят в возможности в уменьшении времени на обработку материала за счет автоматизации.

А также предлагаем дополнительно внедрить новую линию для обработки тонкомерных сортиментов, у которой:

1. В качестве головного оборудования первого ряда новой линии выбираем многопильный станок на дисковых пилах для распиловки тонкомерных бревен (Алтай-Мамонт);
2. В качестве оборудования второго ряда выбираем двухвальный многопильный станок (Белая Акула 2Ц16-350);
3. В качестве обрезного станка одновальный многопильный станок (Алтай КС-500).

Новая линия по обработке тонкомерных сортиментов может обрабатывать сортименты диаметром до 26 см. С помощью данной линии можно получать из тонкомерных сортиментов брус, лафет, рейки.

Главное преимущества новой линии – отдельная распиловка тонкомерных сортиментов за счет чего понизится нагрузка на головное оборудование, а также увеличится производительность цеха. За счет повышения производительности и качества продукции увеличится прибыль.

57. Техничко-экономические показатели нового оборудования.

Каждое внедрение в производственный процесс должно показывать свою целесообразность в экономическом плане. Капитальные затраты на внедрение технологического процесса:

1. Стоимость внедряемого оборудования 13156000 рублей;
2. Стоимость транспортировки оборудования 1315600 рублей;
3. Стоимость демонтажа старого оборудования 616000 рублей;
4. Стоимость установки и наладки нового оборудования 924000 рублей.

Итого стоимость внедрения составит 16011600 руб.

Годовой экономический эффект составляет 3232000 руб. Экономический эффект положительный, то есть мероприятия по внедрению нового оборудования целесообразны.

58. Сравнение технико-экономических показателей цеха с базовым и новым оборудованием.

Показатели лесопильного цеха до внедрения нового оборудования:

Производительность старого головного оборудования: 24,03 м³/час, 192,3 м³/смену.

Годовая производительность со старым оборудованием: 95 тыс. м³.

Прибыль до внедрения оборудования: 27430520,28 рублей.

Рентабельность производства до внедрения оборудования: 10%.

Показатели лесопильного цеха после внедрения нового оборудования:

Производительность внедряемого оборудования: 30,36 м³/час, 242,91 м³/смену.

Годовая производительность с внедряемым оборудованием: 120 тыс. м³.

Прибыль после внедрения оборудования: 85662609,07 рублей.

Рентабельность производства после внедрения оборудования: 25%.

Срок окупаемости: 1 год.

Из расчетов можно сделать вывод, что внедрение новых станков в значительной мере

позволят повысить производительность лесопильного цеха, а главное увеличить прибыль на 58,23 млн. рублей. Если посмотреть на диапазон диаметров обрабатываемых сортиментов до модернизации цеха (20-36 см), то с новым оборудованием диапазон диаметров обрабатываемых сортиментов составляет (с 8 до 45 см). В модернизируемом лесопильном цехе будут изготавливаться обрезные пиломатериалы из сортиментов диаметром от 8 до 45 см. Объемы сырья увеличились до 120 тыс. м³, объемный выход пиломатериалов составил 101,5 тыс. м³.

Для сравнения в лесопильном цехе до внедрения лесопильное оборудование не позволяло даже выполнять годовой объем. Качество готовой продукции повысилось себестоимость продукции снизилась. Итоги проведения данных мероприятий дали положительные результаты, они оказались рентабельными.

Библиографический список:

59. Авдеев Э. Д. Оборудование для лесопиления и сортировки бревен / Э. Д. Авдеев, Э. Ф. Харитонович, Г. Ф. Дружков. – М.: Высшая школа, 2010. – 224 с. Текст: непосредственный.

УДК 131.087

Использование пиломатериалов при добыче углеводородов шахтным способом

Михеевский Е.В.

Научный руководитель – Бурмистрова О.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В связи с истощением запасов ценной деловой древесины хвойных пород в Российской Федерации остро стоит вопрос о замене её малоценной лиственной в различных областях промышленности [3].

В настоящее время предприятия горно-рудничной промышленности используют для изготовления рудничной стойки, затяжки, вентиляционных и реверсивных дверей в сбойках, горизонтальных полков в стволах для запасного выхода, деревянных настилов для людского хода, а также сходней и перил наклонных выработок только древесину хвойных пород.

На основании исследований [1] можем сделать вывод о целесообразности использования лиственных пород.

Предлагаемая технология изготовления настилов заключается в замене ценных хвойных пород, из которых изготавливаются деревянные настилы для людского прохода, на лиственные. Деревянные настилы для людского прохода, изготовленные из лиственных пород с использованием качественной пропитки, по своим физико-механическим свойствам не уступят настилам из хвойной древесины.

Для безопасного передвижения людей по горным выработкам, требуется иметь безопасные зазоры (людские проходы) между крепью и наиболее выступающей кромкой подвижного состава. Ширина свободного прохода для рабочих должна составлять не менее 700 мм, также с противоположной стороны должен быть обеспечен ремонтно-монтажный зазор не менее 200 мм для бетонной или металлической крепи и 250 мм для деревянной от наиболее выступающих частей электровоза. Свободные проходы для рабочих должны устраиваться с одной и той же стороны. Почва выработок на свободных проходах должна быть ровной и оборудоваться деревянными настилами (трапами), не выше уровня головки рельс. Посадочная площадка оборудуется трапами по обе стороны выработка с шириной свободного прохода не менее 1000 мм от крепи до наиболее выступающей части подвижного состава (электровоза). Наклонные горные выработки оборудуются трапами, трапами с перилами или сходнями со ступенями и перилами, в зависимости от угла наклона горной выработки [4, 5].

Произведём теоретический расчёт примерного расхода древесины в среднем за год на одном горно-рудничном предприятии при работе горных проходчиков без учёта ремонтно-

восстановительных работ в пройденных выработках.

На средней по размеру добывающей уголь шахте сектор проходки горных выработок может состоять из трёх-пяти участков. Каждый участок состоит из четырех бригад проходки горных выработок комбайновым способом и двух бригад ведущих проходку горной выработки путём буровзрывных работ. План на участок проходки комбайновым способом – составляет в среднем 500 м в месяц (по длине), а на бригаду проходчиков буровзрывным способом, – 124 м в месяц. Годовой план для проходки с помощью комбайнов в среднем составляет 24 000 м, а буровзрывным способом – 5 952 м

Тогда, при размере одного трапа шириной 0,7 м и длиной 4 м и толщиной доски 40 мм, произведем расчёт объёма одного трапа по формуле:

$$V_{\text{тр}} = b \cdot l \cdot h, \quad (1)$$

где b – ширина трапа, м;

l – длина трапа, м;

h – толщина трапа, м.

$$V_{\text{тр}} = 0,7 \cdot 4 \cdot 0,04 = 0,112 \text{ м}^3.$$

Таким образом, для одной бригады комбайнёров при длине одного трапа 4 м расход древесины ценных хвойных пород в месяц составляет:

$$V_{\text{к1}} = \frac{P_{\text{МК}}}{l} \cdot V_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{МК}}$ – план работы проходки на одну бригаду комбайнёров, м.

$$V_{\text{к1}} = \frac{500}{4} \cdot 0,112 = 14 \text{ м}^3.$$

Так как бригады комбайнёров четыре, месячный расход древесины составит:

$$V_{\text{к4}} = V_{\text{к1}} \cdot 4 = 14 \cdot 4 = 56 \text{ м}^3.$$

Произведём аналогичный расчёт для бригад, ведущих проходку буровзрывным способом:

$$V_{\text{б1}} = \frac{P_{\text{Мб}}}{l} \cdot V_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{Мб}}$ – план проходческих работ на одну бригаду, ведущую проходку буровзрывным способом, м.

$$V_{\text{б1}} = \frac{124}{4} \cdot 0,112 = 3,5 \text{ м}^3.$$

Так как бригады, ведущие проходку буровзрывным способом две, месячный объём составит $V_{\text{б2}} = V_{\text{б1}} \cdot 2 = 3,5 \cdot 2 = 7 \text{ м}^3$.

На одном участке в месяц используется для изготовления трапов следующее количество древесины хвойных пород:

$$V_{\text{м1}} = V_{\text{к4}} + V_{\text{б2}}. \quad (4)$$

$$V_{\text{м1}} = 56 + 7 = 63 \text{ м}^3.$$

Участков пять, поэтому месячный расход древесины для всех участков будет равен:

$$V_{\text{м5}} = V_{\text{м1}} \cdot 5 = 63 \cdot 5 = 315 \text{ м}^3.$$

Годовой расход древесины хвойных пород для данного случая составит:

$$V_{\text{Г}} = V_{\text{м5}} \cdot 12 = 315 \cdot 12 = 3780 \text{ м}^3,$$

что соответствует годовому объёму заготовок небольшого частного предприятия.

В случае подсчёта расхода древесины и для участка ремонтно-восстановительных работ расход возрастёт примерно в 1,5 раза и составит $V_{\text{общ}} = V_{\text{Г}} \cdot 1,5 = 3780 \cdot 1,5 = 5670 \text{ м}^3$.

В Республике Коми действует несколько горно-рудничных производств, соответственно предлагаем просчитать примерные стоимости изготовления настилов деревянных для людского прохода (трапов) в горных выработках как из хвойных пород деревьев, так и из лиственных, например, осины, и рассчитаем экономический эффект.

На данный момент стоимость 1-го м³ доски из хвойных пород в среднем составляет 15 000 руб., а лиственных 4 500 руб.

Из расчетов, приведенных выше, расход древесины в год только на изготовление трапов для участка проходки составляет 3 780 м³. Рассчитаем экономические показатели расходов на хвойные и лиственные породы деревьев без учета пропитки за год для участка проходки.

Для хвойных:

$$C_{хв} = V_2 \cdot C_{куб. хв}, \quad (5)$$

где V_2 – годовой расход древесины, м³;

$C_{куб. хв}$ – средняя стоимость 1 кубометра доски хвойных пород, руб.

$$C_{хв} = 3\,780 \cdot 15\,000 = 56\,700\,000 \text{ руб.}$$

Для лиственных:

$$C_{лист} = V_2 \cdot C_{куб. лист}, \quad (6)$$

где V_2 – годовой расход древесины, м³;

$C_{куб. лист}$ – средняя стоимость 1 кубометра доски лиственных пород, руб.

$$C_{лист} = 3\,780 \cdot 4\,500 = 17\,010\,000 \text{ руб.}$$

Среди лиственных пород деревьев осина занимает второе место после березы по процентному соотношению всего лесного фонда земель Республики Коми. Во время своего роста осина подвержена различного рода заболеваниям древесины, очень редко можно встретить дерево без видимых, а тем более невидимых вооруженному глазу пороков.

Поэтому, для улучшения свойств древесины и увеличения срока ее службы предлагаем использовать пропитку.

Расход пропитки на акриловой основе составляет 10л/66м², в зависимости от поглощающей способности основания и поставленной цели. При высокой поглощающей способности данные антисептики рекомендуется наносить в два слоя [3].

Рассчитаем стоимость антисептика при стоимости канистры 10 литров 900 рублей. Расход канистры антисептика 66 м².

Один трап длиной 4 метра и шириной 0,7 м имеет $S_{тр} = 2,8 \text{ м}^2$.

Длина проходки

$$L_{тр} = L_{комб} + L_{бвр} \quad (7)$$

где $L_{комб}$ – длина проходки комбайновым способом за год, м

$L_{бвр}$ – длина проходки буровзрывным способом за год, м

$$L_{тр} = 24\,000 + 5\,952 = 29\,952 \text{ м}$$

Следовательно площадь всех трапов для участка проходки будет составлять:

$$S_{тр.тр.} = L_{тр} \cdot 0,7, \quad (8)$$

где $L_{тр}$ – длина проходки, м

$$S_{тр.тр.} = 29\,952 \cdot 0,7 = 20\,966,4 \text{ м}^2$$

Таким образом можем рассчитать количество канистр пропитки необходимой для обработки трапов:

$$K = \frac{S_{тр.тр.}}{66} \quad (9)$$

где $S_{тр.пр.}$ – площадь трапов, m^2
 66 – расход одной канистры, m^2

$$K = \frac{20966,4}{66} = 317,67 \text{ шт}$$

Тогда стоимость антисептика при двухслойном покрытии равна:

$$C_{ант} = K \cdot 900, \quad (10)$$

где K – количество канистр, шт.
 900 – стоимость одной канистры, руб.

$$C_{ант} = 2 \cdot 317,67 \cdot 900 = 571\,810,9 \text{ руб}$$

Итого расходы на изготовление трапов из лиственных пород будут составлять:

$$C_{лист.пор.} = C_{ант} + C_{лист} \quad (11)$$

где $C_{ант}$ – стоимость антисептика, руб,
 $C_{лист}$ – стоимость необходимого годового количества доски лиственных пород.

$$C_{лист.пор.} = 571\,810,9 + 17\,010\,000 = 17\,581\,810,9 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект составит:

$$56\,700\,000 - 17\,581\,810,9 = 39\,118\,189,1 \text{ руб.}$$

Вывод

Таким образом, в первом приближении примерный сравнительный анализ затратных характеристик при изготовлении трапов для людского хода из хвойной и лиственной пропитанной древесины дает возможность предполагать, что себестоимость трапов из пропитанной лиственной древесины будет значительно меньше себестоимости настилов из хвойной древесины.

Библиографический список:

1. Бурмистрова, О. Н. Состояние вопроса производства и эксплуатации настилов деревянных для людского хода (трапов), используемых в горных выработках / О. Н. Бурмистрова, М. А. Михеевская, Е. В. Михеевский // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 2 (30). – С. 141–149. – Библиогр.: с. 147–148 (10 назв.). – DOI: 10.12737/article_5b240610787eb9.84551258.
2. ГОСТ 20022.5-93. Защита древесины. Автоклавная пропитка маслянистыми защитными средствами. Введ. 1995-01-01 [Текст]. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 5 с.
3. Приказ Ростехнадзора «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» [Электронный ресурс] : от 19.11.2013 N 550 (ред. от 08.08.2017) (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30961) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157929/.
4. Постановление Госгортехнадзора РФ «ПБ-06-111-95. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом» [Электронный ресурс] : от 23.01.1995 N 4) (ред. от 19.02.2004) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115114/.
5. Теоретические основы получения модифицированной древесины [Текст] / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов, М. А. Михеевская, С.Н. Снегирева и др. // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т.8.– № 1(29). – С. 146–154.

Создание калькулятора расчета объема древесины и поставов в программе JavaScript

Мордвинов Ю.А.

Научный руководитель – Король С.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В условиях современности развитие деревоперерабатывающего комплекса должно базироваться на наукоемких технологических процессах. В представлении авторов работы технологический процесс деревообработки должен включать три взаимосвязанных элемента – технику, технологию и организацию.

Развитие деревоперерабатывающего комплекса должно базироваться на наукоемких технологических процессах.

В процессе углубленного изучения специальности 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» было решено попытаться создать алгоритм контрольно – оценочного средства общей эффективности работы деревоперерабатывающего оборудования для получения максимальной экономической выгоды.

Разрабатываемый алгоритм должен учитывать большое количество факторов, при этом быть максимально простым в применении.

Разработка алгоритма проводится на базе программы JavaScript, с целью создания цельной самостоятельной программы по вычислению объемов перерабатываемой древесины и первичному расчету поставов. Помимо этого, авторами учитывается, что наука не стоит на месте, в разработанном алгоритме должна присутствовать возможность редакции с учетом внедрения новых технологий.

Был рассмотрен пример уже существующих программ по расчету поставов, с целью оценки их работоспособности и возможности применять их на производстве строительных материалов.

Особый интерес представляет в этом отношении программа Pitago. Это программа оптимального раскроя бревен для лесопилок. По заявлению производителя она позволяет без значительных инвестиций на оборудование производитель получает экономию древесины в 10 - 15% и ускорение процесса планирования производства в несколько раз.

После работы с данным софтом, было принято решение создать самостоятельно аналог данной программы. Данный алгоритм разрабатывается для первичной оценки эффективности принятой технологии в конкретных условиях. По замыслу авторов, он будет показывать данные, максимально приближенные к действительности, что позволит формировать отчеты для обоснования решений, принимаемых в области деревоперерабатывающих процессов. Помимо прочего, даны алгоритм может использоваться качестве обучающего средства для студентов направления 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

Первые попытки создание алгоритма в программе Excel оказались неудачными. Выполнить расчет поставов в этой программе оказалось невозможно, не говоря уже о выборе оптимального постава.

Однако в программе Excel оказалось довольно просто и удобно выполнять расчет объема сырья и прочих предшествующих расчету поставов операций.

Был выбран алгоритм, состоящий из четырех блоков:

Первый блок.**Расчет сбега и коэффициента сбега.**

Сбег – это характерная особенность формы бревна, которая является уменьшением диаметра от комля к вершине.

Средний сбег – это изменение диаметра на единице длины бревна. Он определяется по формуле:

$$C = \frac{D-d}{L}, \text{ см/м} \quad (1)$$

где C – средний сбег, см/м;

D – диаметр бревна в нижнем торце, см;
d – диаметр бревна в верхнем торце, см;
L – длина бревна,

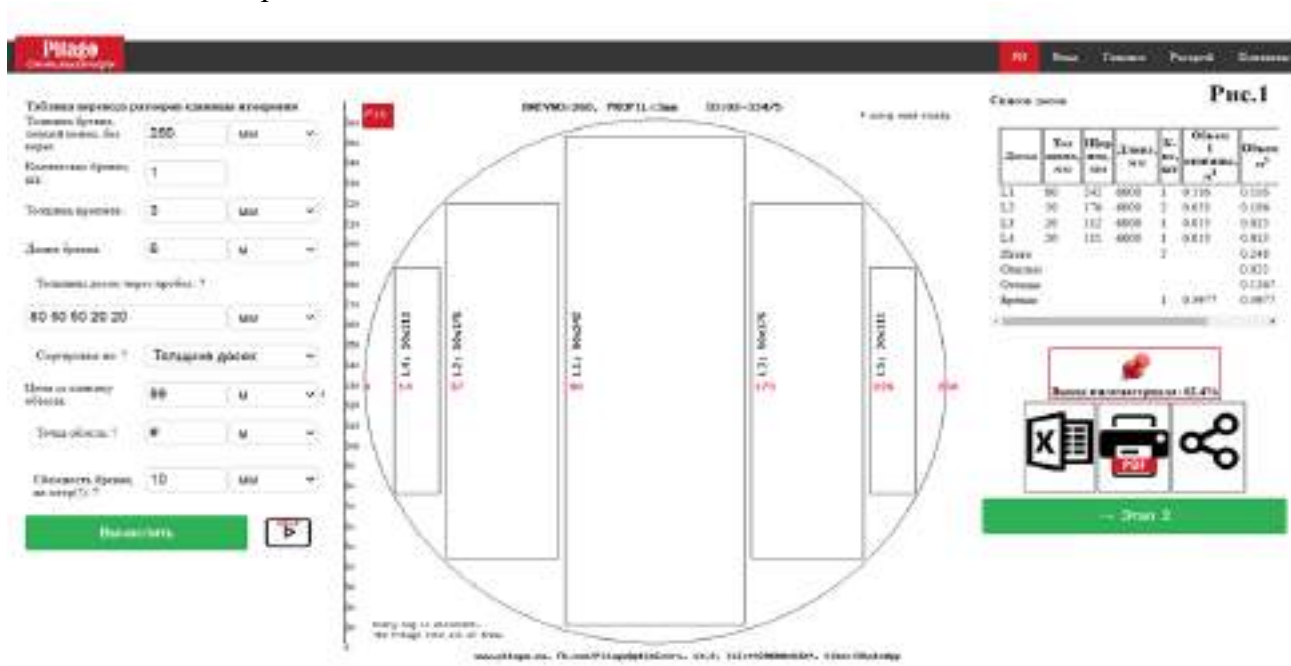


Рисунок 1. Интерфейс программы Pitago

Отметим, что определение сбега в зависимости от диаметра в верхнем торце больше подходит для точных расчетов в лесопильном производстве. Для укрупненных расчетов можно принимать $s = 1$ см/м.

Коэффициент сбега влияет на объем бревна и на использование древесины при его распиливании. Он вычисляется по формуле:

$$K = \frac{D}{d} \quad (2)$$

Второй блок. Расчет объема бревен

Коэффициент сбега влияет на объем бревна и на использование древесины при его распиливании. В зависимости от места вырезки из ствола бревна могут иметь форму, которая напоминает цилиндр, усеченный параболоид вращения, усеченный конус или нейлоид. Наибольшее количество бревен напоминают форму усеченного параболоида вращения или усеченного конуса.

Объем усеченного параболоида вращения определяют по формуле:

$$V_{\text{п}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{D^2 * d^2}{2} \right) * l, \text{ м}^3 \quad (3)$$

$V_{\text{п}}$ – Объем параболоида вращения.

Объем усеченного конуса по формуле:

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{D^2 + D*d + d^2}{2} \right) * l, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где $V_{\text{к}}$ – объем конуса

Относительное увеличение объема параболоида в сравнении с объемом конуса можно определить по формуле:

$$P = \frac{V_{\text{п}} - V_{\text{к}}}{V_{\text{п}}} * 100\% \quad (5)$$

где P – Относительное увеличение объема.

В результате расчетов установлено, что различие объемов P небольшое и составляет в среднем $0,35 - 1,12\%$ в зависимости от сбега бревен. Например, для бревен с коэффициентом сбега $K = 1,35$ $P. = 1,12\%$. Поэтому в практической деятельности объем бревна определяют по его вершинному диаметру и длине, пользуясь стандартизированными таблицами объемов.

Третий блок. Расчет Поставов.

Этот блок в первоначальном варианте алгоритма выполнялся вручную. Нужно понимать, что **постав** это план (схема) раскроя бревен на пиломатериалы заданных размеров и качества, показывающий порядок и место пропилов, толщину, ширину и длину получаемых пиломатериалов.

Если бревно или брус распиливается на пиломатериалы одинаковой толщины, то постав называется пучковым, а если разной, то смешанным.

Распиловка пиловочника на лесопильных рамах может выполняться двумя способами: развальным (Рисунок 2а) и брусово-развальным (Рисунок 2б)

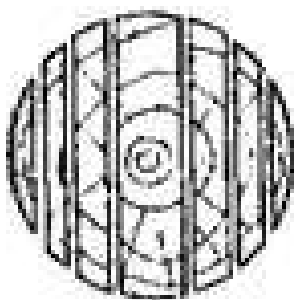


Рисунок 2а

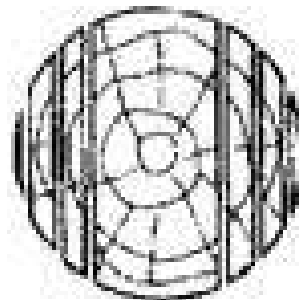
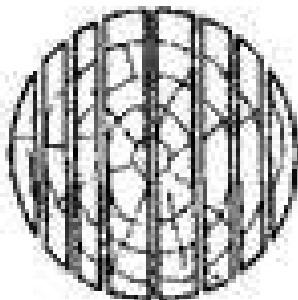


Рисунок 2б

Соответственно, алгоритм должен не только производить вычисления, но и уметь выбирать необходимые значения по графикам и схемам. Попытки представить их в виде таблиц оказались слишком сложными и неэффективными.

Поэтому было решено выбрать за основу дугой софт для написания алгоритма. В виду своей простоты и доступности был выбран JavaScript. Более широкие возможности данной программы позволяют не только произвести расчет поставов, но перенести алгоритм на более сложные языки программирования. Теперь появилась возможность выполнить последний блок работы.

Четвертый блок. Расчет объема полученной продукции.

При поштучном учете определяют объем каждой необрезной доски по формуле

$$V = 10^{-6} * a * b * l * K_y, \text{ м}^3 \quad (6)$$

где a – толщина доски

b – Ширина доски

K_y – коэффициент усушки по ширине (0, 96)

Пилопродукцию производят по спецификациям, составленным с учетом требований их потребителей.

По итогу выполнения расчета по четырем блокам, мы имеем на выходе готовый алгоритм расчета объема сырья, расчета поставов вразвал, объема полученной готовой продукции. На основе этих данных, мы можем делать выводы об эффективности расчета поставов нашим алгоритмом.

Однако, работа еще далека от завершения. В процессе написания находится алгоритм расчета поставов с брусочкой, в виду его большей сложности. В разработке и способ вывода отчета по работе.

Разрабатываемый алгоритм должен учитывать большое количество факторов, при этом быть максимально простым в применении. Помимо этого, авторами учитывается, что наука не стоит на месте, в разработанном алгоритме должна присутствовать возможность редакции с учетом внедрения новых технологий.

Данный алгоритм разрабатывается для оценки эффективности принятой схемы расчета

поставов в конкретных условиях. По замыслу авторов, он будет показывать максимально большое количество вариантов раскроя, с целью выбора оптимального, что позволит формировать отчеты для обоснования решений, принимаемых в области деревоперерабатывающих процессов. Этим самым, рассчитывается облегчить труд технологов и других сотрудников, занимающихся данной проблематикой. Такой алгоритм позволит выбирать оптимальный раскрой в конкретных условиях.

Помимо прочего, даны алгоритм может использоваться качестве обучающего средства для студентов направления **35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»**.

Главной задачей проведенной работы будет различных вариантов технологических схем раскроя.

Завершающим этапом работы станет попытка создания программы, которая может стать одним из контрольно-оценочных средств общей эффективности работы цеха по раскрою древесины. Такое оценочное средство позволит облегчить выбор системы машин для необходимых условий и экономически обосновать выбор.

Библиографический список:

1. Белунцов В. Новейший самоучитель по разработке Web-страниц. – М.: Издательство ДЕСС КОМ, 2006.
2. Картузов А. В. Программирование на языке Java.
3. Кингсли-Хью Э. и Кингсли-Хью К. «JavaScript 1.5. Учебный курс».- СПб.:Питер, 2008.

СЕКЦИЯ 16. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 679.8.331

Интерактивная система дистанционного обучения работников организации вопросам техносферной безопасности

Бабушкин П.П.

*Управление технологического транспорта и специальной техники
филиал ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта, Россия*

Гражданская оборона - система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [1];

Гражданская оборона является составной частью Единой государственной системы в решении проблем, возникающих при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени, т. е. деятельности в особых условиях. Для достижения своих целей гражданская оборона заблаговременно, в мирное время, организует и осуществляет комплекс мероприятий.

Одной из основных задач в области гражданской обороны является подготовка населения в области гражданской обороны;

Подготовка населения в области гражданской обороны - система мероприятий по обучению населения действиям в случае угрозы возникновения и возникновения опасностей при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [1];

Видами подготовки населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций, для физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем, предусмотрены - инструктаж по действиям в чрезвычайных ситуациях не реже одного раза в год и при приеме на работу в течение первого месяца работы, самостоятельное изучение порядка действий в чрезвычайных ситуациях и участие в учениях и тренировках [2].

Нормативно-правовыми актами Российской Федерации определен порядок подготовки работников организаций вопросам ГО и ЧС.

Так формами подготовки в области гражданской обороны работающего населения являются:

- а) курсовое обучение в области гражданской обороны по месту работы;
- б) прохождение вводного инструктажа по гражданской обороне по месту работы;
- в) участие в учениях, тренировках и других плановых мероприятиях по гражданской обороне;
- г) индивидуальное изучение способов защиты от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов [3].

Подготовка населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций предусматривает для физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем:

- а) инструктаж по действиям в чрезвычайных ситуациях не реже одного раза в год и при приеме на работу в течение первого месяца работы,
- б) самостоятельное изучение порядка действий в чрезвычайных ситуациях,
- в) участие в учениях и тренировках [2];

Индивидуальное изучение способов защиты от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также самостоятельное изучение порядка действий в чрезвычайных ситуациях являются основными формами подготовки работников.

Реализация данной формы подготовки тесно увязана с основами пропаганды и информирования населения (работников) в области безопасности жизнедеятельности. Она должна быть направлена на убедительное и аргументированное разъяснение значимости места и роли гражданской обороны, РСЧС в системе безопасности страны, целей и задач в общей системе мер по защите населения, территорий и объектов от последствий стихийных бедствий,

аварий и катастроф.

Многочисленные примеры повседневной жизни убедительно показывают, что успешное решение самых сложных задач невозможно без создания соответствующего морального, нравственного климата в коллективе, что успеха можно добиться только тогда, когда люди глубоко убеждены в необходимости решения поставленных задач, в т. ч. и в области безопасности жизнедеятельности.

И здесь важное значение приобретают вопросы пропаганды знаний в этой сфере, методы и средства распространения информации, идей, художественных ценностей, данных о последних достижениях науки и техники в области безопасности жизнедеятельности. В данном случае пропаганда знаний в этой области осуществляется в целях формирования соответствующих эмоциональных состояний, знаний и представлений, обеспечения влияния через них на жизненную позицию людей, социальных групп, общества, на их поведение в различных ситуациях.

Пропаганда ГО и защиты населения от ЧС органически входит в содержание подготовки по гражданской защите, тесно связана с процессом обучения. Не подменяя специальную подготовку, она существенно дополняет и обогащает её. Знания, умения и навыки станут, безусловно, тем тверже и совершеннее, чем прочнее и глубже будет осмыслена идея и поняты закономерности, постигаемые через пропагандистскую работу. Активно воздействуя на умы и сердца людей, она побуждает их к сознательному выполнению своих обязанностей. Действенность пропаганды тем выше, чем теснее и глубже она увязывается с задачами, решаемыми гражданской защитой.

Вопрос подготовки персонала по действиям в любой нештатной ситуации является сложным в плане технической реализации не только в филиалах нашего Общества, но и во многих других организациях.

Особо остро данный вопрос стоит в Управлении технологического транспорта и специальной техники филиале ООО «Газпром трансгаз Ухта» (далее – УТТиСТ).

И дело тут не только в наличии пяти подразделений филиала, находящихся в двух субъектах Российской Федерации, на удалении более 2000 км одно от другого, но и в графике работы большинства работников Управления. Ведь более 70% из них – это водители автомобилей, чей рабочий день начинается задолго до прихода на объекты инженерного состава и заканчивается после 17:00, а северные подразделения УТТиСТ работают вахтовым методом. Все это препятствует качественному рассмотрению вопросов гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности или охраны труда и промышленной безопасности и экологии. Приходится собирать водителей в редкие минуты между рейсами и выполнением транспортных заданий.

Часто меняющееся законодательство в области ГОиЧС, а также ответственность за направление подготовки персонала филиала к действиям в случае возникновения любой внеплановой ситуации, будь то на рабочем месте или в быту, заставила искать возможные пути решения сложившейся ситуации.

Одним из них является организация самоподготовки работников по средствам изучения лекционного материала с проверкой знаний в виде тестового задания на предмет усвоения изученного материала.

Так в сети общего доступа интернет разработана дистанционная обучающая система, где при желании, по средствам регистрации, любой из работников филиала может получить логин и пароль и успешно изучить требуемый материал по следующим направлениям подготовки:

1. Гражданская оборона и защита в чрезвычайных ситуациях;
2. Охрана труда и промышленная безопасность;
3. Пожарная безопасность;
4. Экология.

Изучение лекций по каждому разделу сопровождается простейшим тестированием для оценки усвоения полученных знаний работником. Также в программе реализована возможность просмотра видеороликов по каждому направлению обучения.

Дополнительно реализован раздел «Новости», где в оперативном порядке размещается важная информация, которая при желании работника (указании личной электронной почты) в виде сообщения отправляется на указанный электронный адрес. Таким образом, ни одна важная новость не остается без внимания.

Важной особенностью данной обучающей программы является возможность работника изучать требуемый материал в любом удобном месте (при наличии сети интернет) и с любого мобильного устройства: мобильный телефон, планшет, ноутбук или персональный компьютер.

Еще одной не менее важной особенностью является ведение электронного журнала успеваемости каждого зарегистрированного работника. У администратора обучающей программы, в онлайн режиме отображаются успехи пользователей по каждой отдельной изучаемой теме и пройденному тесту, что дает возможность в реальном времени и с большой долей достоверности знать объем изученного работниками материала.

Легкость использования программного продукта дополняется ее универсальностью. Лекции и тесты могут своевременно редактироваться и дополняться актуальными сведениями с учетом меняющихся требований учебного процесса, новости и видеоролики также легко меняются. Можно сказать, что программа проведения дистанционного технического обучения персонала УТТиСТ – это универсальный и современный продукт.

Программа вводится параллельно с обычным проведением технического обучения работников на производстве и дает возможность самостоятельного изучения необходимого материала.

В качестве ознакомления с возможностями обучающей программы предлагаем Вам, уважаемый читатель, ее протестировать. Пройдите по адресу: <https://learning.2goichs.ru/> или воспользуйтесь qr-кодом.



Рисунок 1 – QR код доступа к интерактивной системе дистанционного обучения

Далее на странице регистрации используйте:

Имя пользователя: Пользователь

Пароль: 123123.

Мы искренне надеемся, что данная, альтернативная, возможность изучения вопросов техносферной безопасности на рабочем месте и в личной жизни, повысит общий уровень осведомленности работников филиала и снизит производственный травматизм.

Библиографический список:

1. Федеральный закон от 12 февраля 1998 года № 28-ФЗ «О гражданской обороне»
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 сентября 2020 г. № 1485 «Об утверждении положения о подготовке граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
3. Постановление Правительства РФ от 02.11.2000 № 841 "Об утверждении Положения о подготовке населения в области гражданской обороны".

Совершенствование системы безопасности эксплуатации газового оборудования котельной

Блинова А.Ю.

Научный руководитель – Грунковой Т.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В процессе эксплуатации газовой котельной могут возникнуть повреждения и неполадки, создающие аварийные ситуации. Аварией котла называется длительный (не менее 20 часов) выход его из эксплуатации из-за неисправности, повреждения или поломки отдельных элементов котла или оборудования вследствие нарушения технических условий при изготовлении, монтаже или выборе материала для постройки котла, установленного режима работы и несвоевременного или некачественного проведения планово-предупредительного ремонта, диагностирования и технического освидетельствования, а также несоблюдения инструкций и правил безопасности при эксплуатации. Котлы относятся к оборудованию повышенной опасности, поэтому необходимо совершенствовать их систему безопасности. Рассмотрим основные опасные и вредные факторы для персонала котельной:

- эксплуатация сосудов, работающих под давлением;
- оборудование, находящиеся под напряжением;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- воздействие вредных газов;
- недостаточная освещенность;
- загазованность рабочей зоны.

Проанализировав статистические данные можем составить динамику аварийности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, которая изображена на рисунке 1.

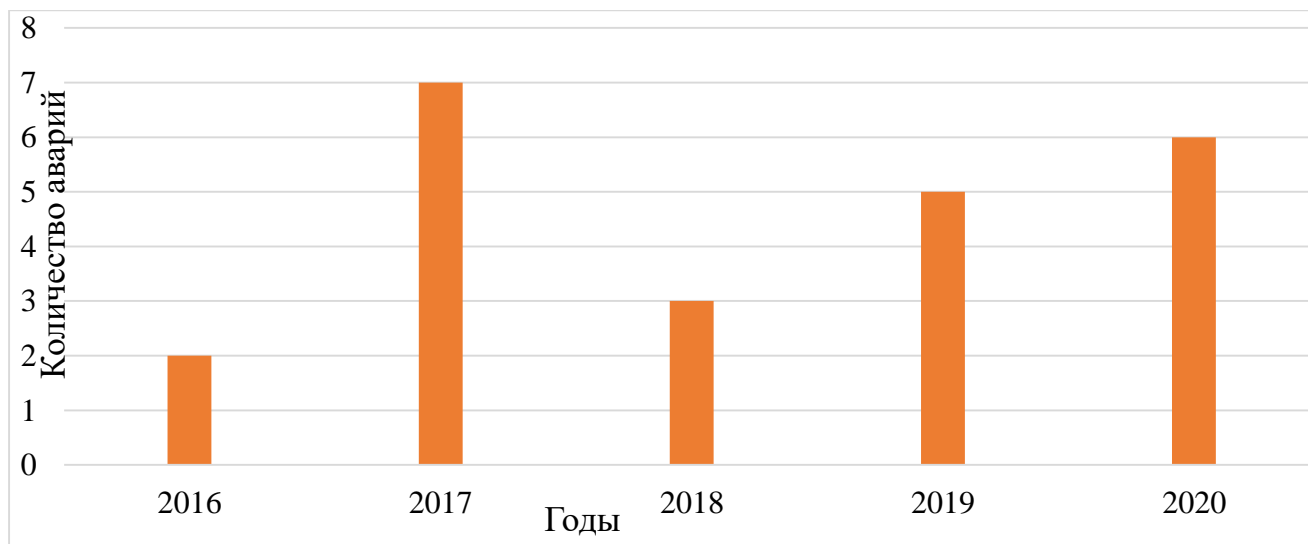


Рисунок 1 – Динамика аварийности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением

Изучив литературные источники, а также технологический процесс газовой котельной предприятия, мы пришли к выводу, что возможные причины аварийных ситуаций можно условно объединить в три группы: 1) ошибки обслуживающего персонала, бездействие персонала в нестандартных ситуациях, несанкционированные действия персонала; 2) разрушение (разгерметизация) технологического оборудования, трубопроводов и арматуры и отказы систем противоаварийной защиты объекта; 3) внешние воздействия природного и техногенного характера.

Любое внешнее воздействие будь то природного или техногенного характера всегда сопровождается поражающими факторами. К внешним воздействиям природного характера можно отнести: наводнение, подтопление, сильный ветер, сильные осадки, заморозки, гроза и т.д.

К внешним воздействиям техногенного характера будут относиться: взрывы в соседних технологических блоках; потеря герметичности оборудования, коммуникаций; взрыв и воспламенение газозвушной смеси, образующейся в оборудовании, и т.д.

Так как вероятность возникновения аварийной ситуации по причине природного характера невелика, мы уделили особое внимание техногенным воздействиям на исследуемый объект.

Возможные сценарии возникновения и развития аварии в газовой котельной на рассматриваемом предприятии представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Возможные сценарии возникновения и развития аварий в газовой котельной

№ сценария	Описание сценария
C1	Рассеивание облака природного газа в помещении размещения газорегуляторной установки (в котельной)
C2	Выброс природного газа → воспламенения не происходит
C3	Выброс природного газа → образование взрывопожароопасного облака + источник зажигания → факельное горение
C4	Выброс природного газа → образование взрывопожароопасного облака + источник зажигания → возникновение «огненного шара»
C5	Выброс природного газа → образование взрывопожароопасного облака газа → воспламенение с задержкой → взрыв облака
C6	Выброс природного газа → образование взрывопожароопасного облака газа → воспламенение с задержкой → пожар

Возможные варианты развития аварийной ситуации сгруппированы в сценарии по конечным опасным явлениям и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Негативные последствия от различных аварийных ситуаций

Основные последствия аварий	Поражающий фактор
Утечка природного газа При наличии источника зажигания, возникновения пожара Образование огненного шара Взрыв газозвушной смеси	Загрязнение окружающей среды Тепловое излучение Тепловое излучение Ударная волна

При этом возможны следующие сценарии развития вторичных чрезвычайных ситуаций: 1) мгновенное воспламенение истекающего природного газа с последующим факельным горением; 2) полное разрушение газового котла; 3) разрушение находящегося поблизости газового оборудования под воздействием избыточного давления или тепла при горении пролива; 4) появление трещин в швах или металле корпуса газового оборудования (газопровода).

Сценарий аварий на сети газопотребления может быть описан с помощью «дерева событий», приведенного на рисунке 2.

Таким образом, проанализировав технологический процесс котельной предприятия можно предположить вероятные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций, что позволит выработать более точный план действий персонала предприятия и уменьшит риск возникновения возможных аварий. Описание «дерева событий» помогает наглядно увидеть развитие событий и негативные последствия для работников и окружающей среды. Кроме того, слаженные действия работников при возникновении аварийной ситуации помогут снизить риск загрязнения среды города.



Рисунок 2 – «Дерево событий» развития сценариев аварии на сети газопотребления

Библиографический список:

- ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система Консультант Плюс.
- ГОСТ Р 12.3.047-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
- ГОСТ Р 54142-2010. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система КонсультантПлюс.
- ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система Консультант Плюс.

УДК 159.9:614.8.084

Психологическая подготовка пожарного в период службы

Черкасова М.С.

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия

«Про пожарных говорят,
Что они всё время спят.
Только это — ерунда,
Начеку они всегда!
На дежурстве день и ночь,
Чтоб в любой момент помочь.
Только прозвучит сигнал
Выезжают на пожар».

При слове «пожар» каждый из нас мгновенно представляет пламя, вокруг которого на большое расстояние распространяется высокая температура. Во время тушения пламени пожарный находится в непосредственной близости к очагу возгорания. Ему угрожает огромное

количество физических, химических, биологических, психофизиологических и социальных факторов, каждый из которых представляет угрозу жизни и здоровью.

Однако, мало кто из граждан представляет рабочий день сотрудника противопожарной службы. При этом обычный рабочий день пожарного плотный и активный. Когда нет вызовов сотрудник повышает квалификацию и отрабатывает навыки. Для того что бы правильно и высококачественно выполнять боевые действия, необходимо тренироваться каждый день.

Внутренний распорядок дня личного состава составляется и утверждается начальником подразделения в соответствии с федеральным законом №69-ФЗ и приказом МЧС России №452 [1-2].

Виды необходимой подготовки, которые размещены в распорядках дня [3]:

- теоретическая;
- пожарно-строевая;
- пожарно-тактическая;
- техническая;
- физическая;
- психологическая.

Теоретическая подготовка направлена на изучение психофизиологических особенностей личного состава, изучение новых тем и принципов работы, закрепление знаний.

Пожарно-строевая подготовка включает в себя организацию и планирование процесса обучения (составление актуального плана, расписания занятий, перечня отрабатываемых нормативов, плана проведения учебного занятия), проведение учебных и инструкторско-методических занятий, контроль успеваемости и оценку знаний, умений и навыков, контроль процесса обучения.

К пожарно-тактической подготовке относят изучение закономерностей развития пожара, отработку тактик тушения пожаров, приёмы спасения людей с использованием сил и средств пожарной охраны, а также вопросы организации и несения службы.

Техническая подготовка нацелена на изучение технических возможностей пожарной техники, обеспечение ее боеспособности и высокой боевой готовности. Данная подготовка учит рационально использовать аварийно-спасательные инструменты и закрепляет знания правил техники безопасности и навык реализовать их на практике. Это необходимо для формирования и совершенствования специальных навыков и физического развития личного состава.

Физическая подготовка пожарных направлена на развитие физических способностей и двигательных навыков прикладного характера, повышение функциональных возможностей организма, сопротивляемости к неблагоприятным воздействиям и укрепление здоровья.

Психологическая подготовка состоит из идейно-политической и морально-волевой подготовок. Идейно-политическая формирует моральные качества (смелость, мужество, стойкость, самоотвага и другие), воспитывает чувство долга и ответственности, преданности своему народу. Она достигается с помощью форм политической учебы. Морально-волевая подготовка концентрирует внимание на развитие таких волевых качеств, как настойчивость, упорство, смелость, решительность, самоотверженность, самообладание, выдержка и умение контролировать свои действия и поступки.

Наиболее важной из всех подготовок является пожарно-строевая. Ей уделяется особо пристальное внимание. Она проводится в специальных условиях, максимально приближенных к настоящим. К ним можно отнести тренировки в теплодымокамере, на огневой полосе психологической подготовки, в спортивном манеже, на полигоне или объекте. Все тренировки сопровождаются экстремальными условиями труда: воздух непригодный для дыхания, высокие температуры, плохая видимость из-за задымления. При этом сотрудники спасательной службы должны выполнять аварийно-спасательные работы в полном объеме. Пожарно-строевая подготовка помогает стабилизировать и улучшить знания, слаженность коллективных действий, подразумевает решения общих и специальных задач физической и психологической подготовки. Только сочетание физической силы и психологической устойчивости позволят сотруднику применить отработанные на полигонах навыки при тушении реального пожара. Чем

сильнее сотрудник и выше его показатели по физической подготовке, тем увереннее он проявляет себя в процессе ликвидации чрезвычайной ситуации, соответственно меньше его нервное напряжение.

Порядок обязанностей дежурства личного состава закреплён уставом подразделения:

- физическая зарядка;
- смена караула;
- занятия согласно расписанию;
- психологическая разгрузка;
- оперативно-тактическое изучение района выезда подразделения и охраняемых объектов, отработка планов и карточек тушения пожаров;
- уход за пожарной техникой и аварийно-спасательным оборудованием;
- административно-хозяйственные мероприятия (уборка территории и помещений, ремонт пожарных рукавов или маркировка пожарно-технического вооружения);
- физическая подготовка;
- самостоятельная подготовка, выполнение индивидуальных приказов;
- культурно-массовая работа, изучение нормативных документов, новых поступивших приказов, просмотр информационных телепередач;
- несение караульной службы в ночное время, охрана помещений и территории подразделения.

Несмотря на жесткий график при подаче сигнала личный состав пожарного подразделения немедленно собирается и выдвигается на место вызова, всего лишь за 1 минуту. В этот момент оказывают своё воздействие сразу нескольких негативных факторов:

- физические (шум, вибрация и другие);
- физические перегрузки;
- нервно-психические (звонок, неизвестность, переживание и другие).

На протяжении всего рабочего дня каждый сотрудник находится в постоянном ожидании звонка. Такое непрерывное нервное напряжение в конечном счете непременно сказывается на психическом состоянии сотрудника. Кроме того, во время следования к месту пожара пожарный подвержен еще большему нервно-психическому напряжению, которое связано с неизвестностью ситуации и предстоящих событий.

Положительный или отрицательный результат выполнения поставленных задач на пожаре сказывается на всём личном составе, спасатель переживает не только за результат своей работы, но и за действия других. Ликвидация пожара - это командная работа. И именно команда помогает быстрее преодолеть навязчивые мысли и пережить последствия чрезвычайной ситуации.

Нервно-психические перегрузки на работе могут стать одними из сопутствующих причин для суицида. Увиденная или глубоко пережитая негативная ситуация может сломать даже психологически сильного от природы человека и подтолкнуть его на необдуманные действия.

Все необходимые для работы психологические качества, которые гарантировали бы постоянную готовность к действиям в сложных условиях, помогали бы пожарному преодолевать неожиданно сложившиеся обстоятельства формируются у него с первых же дней службы.

Психологическая подготовка является основой безопасности и сохранения здоровья самих пожарных. Она помогает быть готовыми к работе в экстремальных условиях ликвидации пожара и их последствий, здраво оценивать обстановку и ситуацию, спасти людей и их материальные ценности от уничтожения огнем. Данная подготовка формирует у личного состава моральные и психологические качества.

Во время проведения аварийно-спасательных работ пожарный испытывает большие эмоциональные перегрузки, происходящие из особенностей трудовой деятельности [4]:

- непрерывное нервно-психическое напряжение. Источником которого является

периодическая работа непосредственно в опасной среде (при экстремальных значениях температур, влажности воздуха, сильной концентрации дыма, ограниченной видимости, искр и другие);

- постоянная угроза жизни и здоровью (обрушение конструкций, электрический ток, повышенные уровни электромагнитных и ионизирующих излучений, взрывы паров, ядовитые газы, брызги расплавленного металла и другие),

- большие физические нагрузки (прокладка рукавных линий, работа с пожарным оборудованием);

- поддержание концентрации внимания, чтобы замечать изменения обстановки, держать в поле зрения конструкцию горящего объекта, следить за подачей воды;

- проведение работ в ограниченном пространстве, изменяющие передвижение, рабочие позы (передвижение ползком, работа лежа и другие);

- высокая ответственность;

- неожиданные препятствия;

- отрицательные эмоциональные воздействия (вынос раненных и обожженных людей, контакт с родственниками погибших и другие).

Психическая напряженность может быть выражена недостаточным соответствием профессиональных качеств к требованиям, предъявляемым к личности пожарного: психологическая не подготовленность, не достаточная физическая подготовка, требующая большей степени усилий, к выполнению боевых задач, чрезмерная эмоциональность, впечатлительность, низкая эмоциональная устойчивость и другие.

Психологическая подготовка пожарного - это система мероприятий, направленных на способность мобилизовать психику, обеспечить психологическую готовность и целесообразность действий.

На учениях по пожарно-тактической подготовке психологический аспект подготовки направлен на тренировку воображения служащего, его памяти, мышления, проявления инициативы. Каждое задание на тренировке нацелено на слабые стороны пожарного. Обучаемый таким способом находит и сам принимает правильные действия по решению пожарно-тактической задачи.

При общении с обывателями пожарный может столкнуться с негативными высказываниями в сторону его работы и личного состава в целом. Сотрудник должен быть готов к порой агрессивному поведению со стороны гражданского населения. Например, могут быть высказывания «долго ехали», «приехали без воды», пожарный должен понимать, что, когда с человеком происходит беда и он становится заложником пожара, восприятие времени замедляется. В таком состоянии не подготовленному человеку сложно оценивать реальность. В таких ситуациях спор не уместен. Лишь самообладание пожарного позволит ему выполнить свой служебный долг.

Психологическая готовность систематически и целенаправленно формируется на учениях и тренировках, и закрепляется в процессе всей служебной деятельности. Данная подготовка совместно с профессиональными навыками позволяет пожарному быстро и качественно выполнять боевые задачи в опасных условиях, способствует осуществлению эффективных и решительных действий.

Библиографический список:

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. №452 "Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны" (с изменениями и дополнениями).
3. Энциклопедия пожарной безопасности. URL: <https://вдпо.пф/enc> (дата обращения: 04.03.2022).
4. Самонов А.П. Психологическая подготовка пожарных. – М.: Стройиздат, 1982. - 79с.

Повышение надёжности функционирования объекта дублированием и резервированием технологического (технического) оборудования Сосногорского ЛПУМГ КЦ № 1, 2

Гонтарук К.П.

Научный руководитель – Климова И.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Сосногорское линейное производственное управление магистральных газопроводов (ЛПУМГ) является структурным подразделением ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Основной задачей Сосногорского ЛПУМГ является обеспечение бесперебойного транспорта газа по магистральным газопроводам в центр России; поставка газа Вуктыльского месторождения на переработку для Сосногорского газоперерабатывающего завода; снабжение потребителей природным газом, а также обеспечение сжатым газом автомобилей, переведённых на этот тип топлива.

Управление занимается эксплуатацией и ремонтом магистральных газопроводов (МГ), газопроводов-отводов, газокompрессорных цехов, газораспределительных станций, систем электрохимзащиты, телемеханики и автоматики, энергоснабжения, тепловодоснабжения и вентиляции. Кроме того, в состав управления входит автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

КС-10 является составной частью магистрального газопровода и предназначена для увеличения его производительности за счет повышения давления газа на выходе КС путем его сжатия (компримирования) с помощью газоперекачивающих агрегатов (ГПА). [1]

На сегодняшний день повышение надёжности функционирования объекта является необходимой составной частью эффективной системы промышленной безопасности. Повышение надёжности объекта со снижением риска для рабочего персонала, путём резервирования и дублированием оборудования, этим объясняется актуальность данной темы.

В настоящее время блоки газоперекачивающих установок состоят из нескольких крупных узлов: воздухоочистительная установка, осевой компрессор, камера сгорания, газовая турбина (ТВД, силовая турбина), нагнетатель и т. д. Все эксплуатационные параметры запасных частей, такие как: прочностные характеристики материалов, гарантийные условия и срок хранения, гарантийная наработка в часовом эквиваленте, условия, в которых должны эксплуатироваться те или иные детали и узлы – должны быть занесены в ТУ и указаны в сопроводительно-эксплуатационной документации (паспорт, этикетка).

При работе турбомашин важно следить за состоянием контрольных параметров с целью недопущения аварийных ситуаций работающих турбоагрегатов. Анализ статистики выхода из строя газотурбинных установок (ГТУ) за период 2013 – 2016 г.г. показывает, что в среднем каждый второй эксплуатируемый агрегат выходил из строя по аварии.

В таблице 1 приведены числа поломок по узлам и системам ГПА.

Таблица 1 – Распределение числа поломок по узлам и системам ГПА

Элементы отказа	Кол-во отказов	% отказов
Проточная часть	56	10,31
Подшипники	40	7,37
Маслосистема	97	17,86
КИПиА	220	40,52
Прочие элементы	130	23,94

Одна из больших частей аварийных остановов газовой турбины связана с неполадками маслосистемы, за период 2013-2016 г.г. произошло 97 отказов (17,86%).

В таблице 2 показан перечень предупредительных и аварийных сигналов для ГПА типа ГТК-10-4. [3]

Таблица 2 – Перечень предупредительных и аварийных сигналов для ГПА типа ГТК-10-4

№ п/п	Наименование сигнала	Размерность	Значение сигнала	
			Предупредительный сигнал	Аварийный сигнал
1	Перепад давления «масло-газ»	МПа	отсутствует	≤0,05

Рассмотрим пример аварийного останова ГПА, по причине отказа МНУ.

В компрессорном цеху произошёл скачок напряжения, на датчике, находящегося в галереи нагнетателей, передающего показания загазованности на систему ГАЗ.3 в операторную КЦ произошло короткое замыкание. При скачке напряжения МНУ отключились, второй МНУ в работу не вступил из-за потери напряжения, давление масла в системе уплотнения упало, транспортируемый газ, через торцевое уплотнение начал поступать в галерею нагнетателей.

При коротком замыкании газоанализатора произошло искрообразование, с учётом того, что концентрация газа в рабочей зоне превышена, произошло возгорание со взрывом природного газа, что привело к разрушению трубопровода, здания КЦ с причинением ущерба здоровью работников компрессорного цеха.

Определим вероятность взрыва из-за неисправности Утечки газа из торцевого уплотнения. Все события связаны логическим оператором «ИЛИ», то есть взрыв может произойти в результате возникновения одного из событий. [2]

Рассмотрим «Дерево отказов» до внедрения мероприятий (рисунок 1).

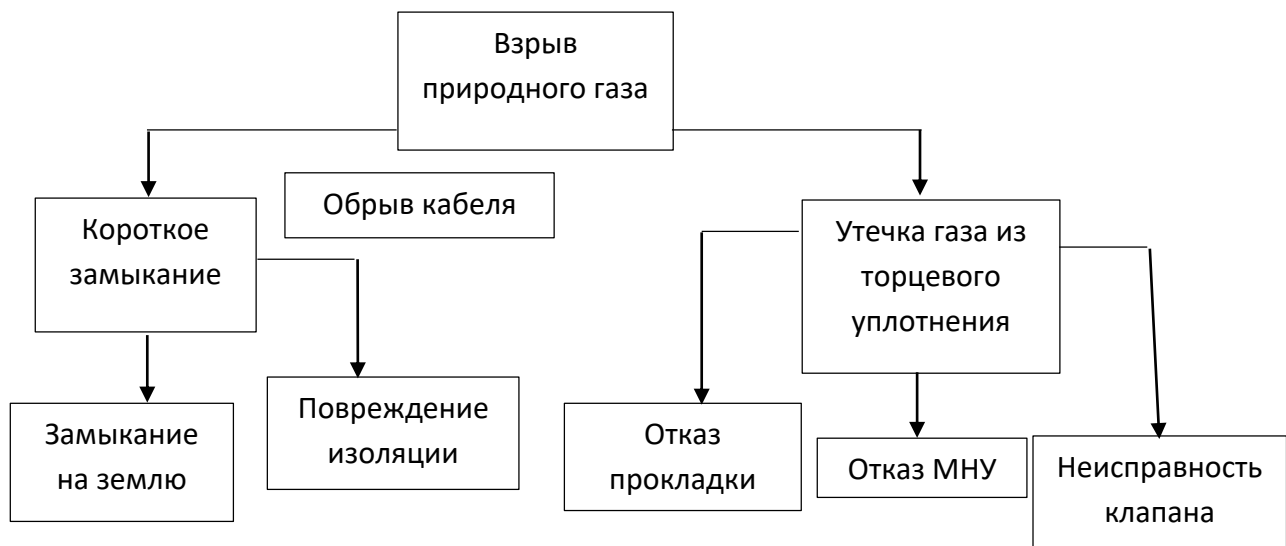


Рисунок 1 – «Дерево отказов» до внедрения мероприятий

Дерево отказов представляет собой дедуктивное логическое построение, которое использует концепцию одного финального события (как правило, авария или отказ блока, всей системы) с целью нахождения всех возможных путей, при реализации которых оно может произойти.

Установлен риск взрыва природного газа при обслуживании КЦ № 1,2 превышает допустимое значение, в результате чего величину нужно снизить до приемлемого риска (10^{-6}). Предлагаю сделать резервирование масляного насоса уплотнения. Один из вариантов исключаящий отказ МНУ, а именно путём резервирования. Установим дополнительный МНУ на ГПА.

Суть установки доп. МНУ заключается в том, что при скачке напряжения отказали оба МНУ.

Путём установки 3 МНУ работающего от аккумуляторной батареи, не зависимой от постоянного напряжения КЦ, мы восстановим перепад давления «масло-газ» и исключим возможность попадания газа в помещение.

Рассмотрим «Дерево отказов» после внедрения мероприятий (рисунок 2).

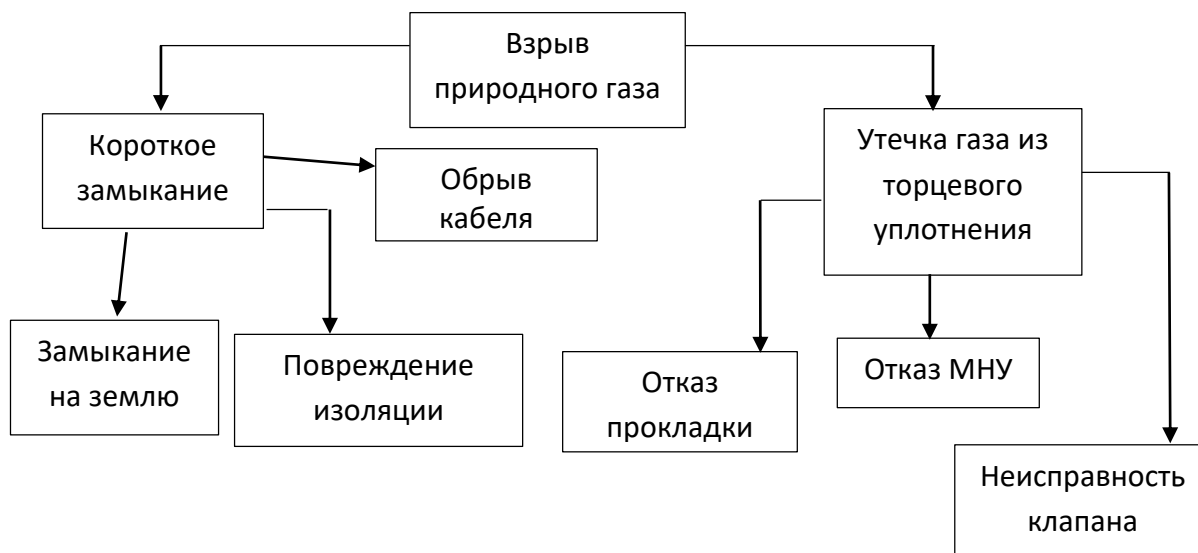


Рисунок 2 – «Дерево отказов» после внедрения мероприятий

Библиографический список:

1. СТО Газпром 18000.1-001-2014. Основные положения [Текст] : от 28.07.2014. - М.,2014. - 116с., свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 06.03.2022 г.).
2. Интенсивность отказов элементов справочник [Электронный ресурс] / Алексей Глазачев. Режим доступа: <https://areliability.com/intensivnostotkazov-elementov-spravochnik/>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 06.03.2022 г.).
3. Учебные материалы онлайн ПУСК ГПА [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://studwood.ru/1677163/tovarovedenie/>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 06.03.2022 г.).

УДК 621.671

Исследование устойчивости работы центробежного насоса

Фатхуллин К.Д.¹, Грунковой Т.В.²

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В процессе эксплуатации насосных агрегатов возникают отказы, которые неблагоприятно влияют на технологический процесс, что ведет к экономическим и материальным потерям, повышает риск реализации аварийной ситуации. Чаще всего отказы насосного оборудования возникают в результате неправильной эксплуатации, что приводит к частым ремонтам.

В рамках статьи предлагаю рассмотреть влияние устойчивой работы центробежного насоса ЦНС 180-1050 на надежность. Показатели надежности насоса, следующие [1]:

- установленная наработка насоса на отказ – 4000 ч;
- средняя наработка насоса на отказ (пластовая вода) – 6300 ч;
- установленный ресурс насоса до капитального ремонта (пластовая вода) – 18000 ч;
- средний срок службы насоса (пластовая вода) – 8 лет.

При исследовании журнала учета рабочих параметров насосного агрегата ЦНС 180-1050 выяснилось, что насосный агрегат на протяжении 6 месяцев, каждый месяц выходил 2-3 раза в отказ. Производитель утверждает, что средняя наработка на отказ, то есть продолжительность работы насоса между отказами составляет 6300 ч, при этом насос отработывает в действительности 240-320 ч, срок эксплуатации рассматриваемого насоса – 6 лет.

Учитывая, что средняя наработка на отказ снизилась, а соответственно и снизилась

надежность рассматриваемого насоса, то необходимо определить причину снижения надежности насоса. Необходимо рассмотреть статистику работы насоса, так как давление на линии нагнетания оставалось постоянным, равным 110 кгс/см^2 , то будем рассматривать давление на линии приема.

Рассмотрим график давления на приеме насоса за 16 дней эксплуатации до наступления отказа (рисунок 1).

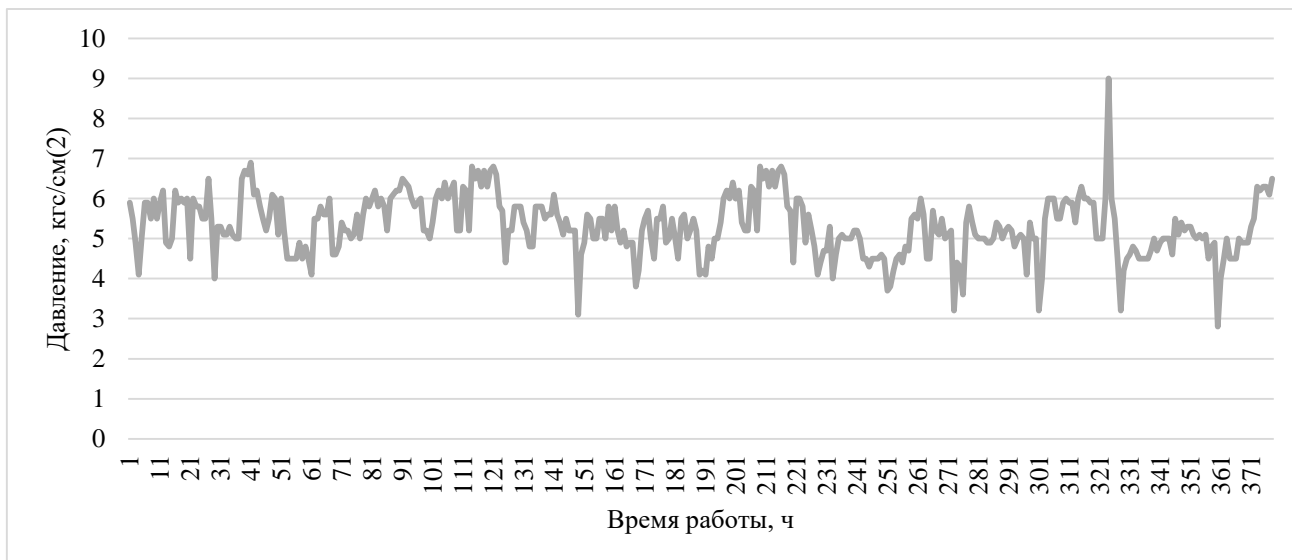


Рисунок 1 – График давления на приеме насоса ЦНС 180-1050

На графике видно, что давление на приеме колеблется, поэтому необходимо определить среднее значение параметра и проверить выборку на гипотезу о нормальном распределении. Для того, чтобы определить подчиняется ли выборка нормальному закону распределения необходимо определить эмпирическую функцию распределения и построить полигон распределения относительных частот. Составляем интервальный вариационный ряд, определяем частоты и относительные частоты, строим полигон распределения относительных частот (рисунок 2).

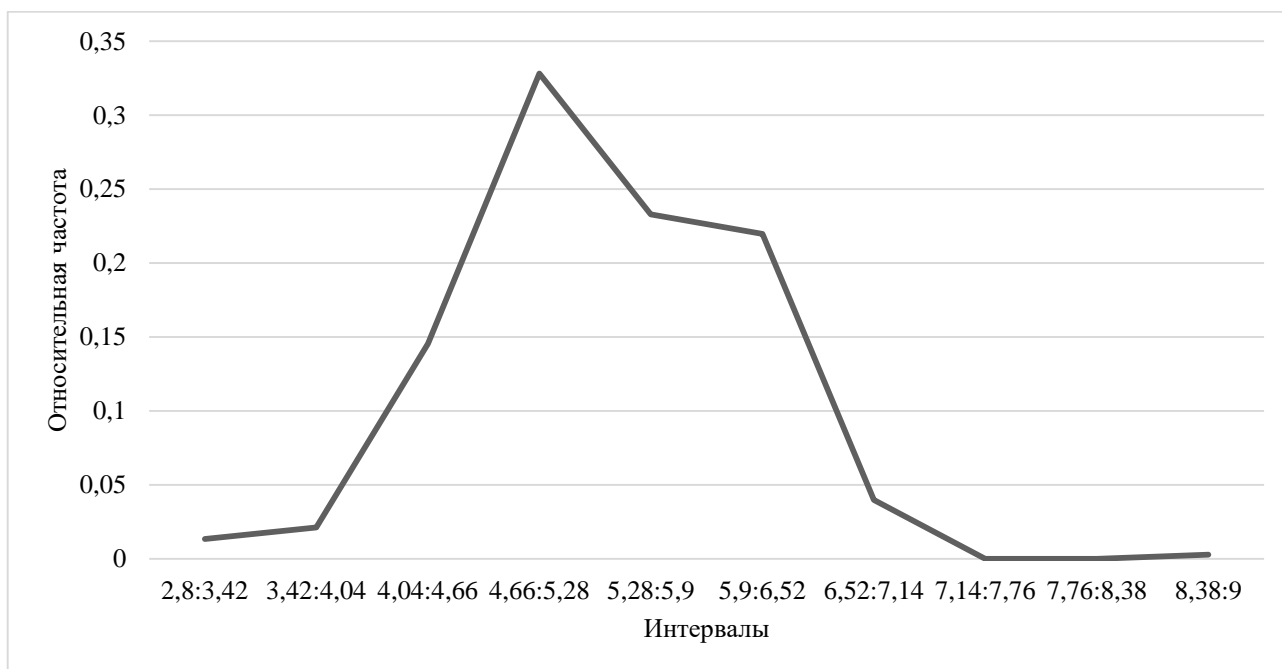


Рисунок 2 – Полигон распределения относительных частот

Далее запишем эмпирическую функцию распределения:

$$F^*(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 5 \\ 0,013227513, & \text{при } 5 < x < 13 \\ 0,034392, & \text{при } 13 < x < 68 \\ 0,179894, & \text{при } 68 < x < 192 \\ 0,507937, & \text{при } 192 < x < 280 \\ 0,740741, & \text{при } 280 < x < 363 \\ 0,989418, & \text{при } 363 < x < 378 \\ 1, & \text{при } x > 378 \end{cases} \quad (1)$$

Определив эмпирическую функцию распределения, проверяем согласие гипотетической функции распределения с нормальным законом с помощью критерия согласия Пирсона. Определяем точечные оценки нормального закона распределения (мат. ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение) и запишем функцию нормального закона [2]:

$$F(x) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-5,32}{0,74}\right) \quad (2)$$

Вычисляем вероятности попадания значений рассматриваемой случайной величины с функций распределения $F^*(x)$ в i -ый частичный интервал и теоретические частоты $n'_i = n \cdot P_i$.

$$P_1 = P(-\infty < X < 2,8) = \Phi\left(\frac{2,8-5,32}{0,74}\right) - \Phi(-\infty) = -0,49966 + 0,5 = 0,00034,$$

$$n'_1 = nP_1 = 0,129.$$

Остальные значения вероятности попадания значений рассматриваемой случайной величины представим в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Вероятности попадания значений рассматриваемой величины

P_i	Интервал	n'_i
$P_1 = 0,00034$	$-\infty < X < 2,8$	0,129
$P_2 = 0,00456$	$2,8 < X < 3,42$	1,72
$P_3 = 0,0378$	$3,42 < X < 4,04$	14,28
$P_4 = 0,144$	$4,04 < X < 4,66$	54,432
$P_5 = 0,2934$	$4,66 < X < 5,28$	111
$P_6 = 0,3022$	$5,28 < X < 5,9$	114
$P_7 = 0,1651$	$5,9 < X < 6,52$	62,4
$P_8 = 0,0457$	$6,52 < X < 7,14$	17,27
$P_9 = 0,0069$	$7,14 < X < +\infty$	2,61

Определяем наблюдаемый критерий $\chi^2_{\text{набл}}$:

$$\chi^2_{\text{набл}} = \sum_{i=1}^9 \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}. \quad (3)$$

Наблюдаемый параметр $\chi^2_{\text{набл}} = 26,31$, сравниваем с критическим значением $\chi^2_{\text{кр}} = 332,99$ (при $k = 377$ и $\alpha = 0,05$, k – число степеней свободы, α – уровень значимости). Итак, $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$, соответственно гипотеза о нормальном законе распределения согласуется с опытными данными.

Учитывая, что давление на приеме насоса подчиняется нормальному закону распределения, можно определить работу насоса на сеть. Воспользуемся уравнением Бернулли, учитывая что перепада высот нет и диаметры трубопроводов на линии нагнетания и линии всасывания равны, получим [3]:

$$H_{\text{потр}} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + \frac{Q^2 \cdot 8}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} \cdot \left(\lambda(Q) \cdot \frac{l_1}{d} + \xi_{\phi} + \xi_{\text{пов}} \right) + \frac{Q^2 \cdot 8}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} \cdot \left(\lambda(Q) \cdot \frac{l_2}{d} + \xi_{\phi} + 3 \cdot \xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{кр}} \right), \quad (4)$$

где p_1 – давление на линии приема, МПа;
 p_2 – давление на линии нагнетания, МПа;
 ρ – плотность перекачиваемой жидкости (пластовая вода), кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 Q – подача насоса, м³/с;
 d – диаметр трубопровода, м;
 λ – коэффициент трения;
 l_1 – длина трубопровода на линии приема, м;
 l_2 – длина трубопровода на линии нагнетания, м;
 ξ_{ϕ} – потери на фильтре;
 $\xi_{\text{пов}}$ – коэффициент сопротивления при резком повороте;
 $\xi_{\text{кр}}$ – потери в кране.

Проведем расчет по формуле (4) и построим график пересечения характеристик сети и рабочих параметров насоса (рисунок 3).

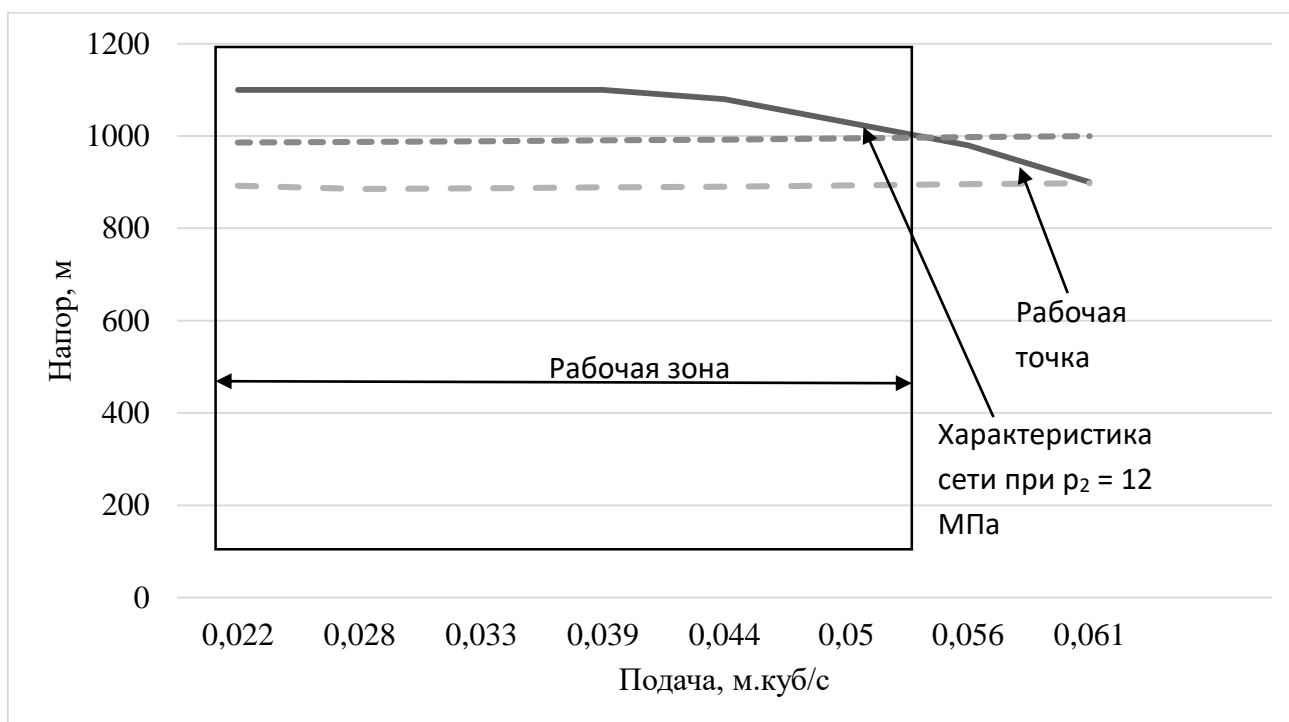


Рисунок 3 – Рабочая точка насоса ЦНС 180-1050

Итак, при расчете напорной характеристики сети и сопоставлении её с напорной характеристикой насоса на графике видно, что точка пересечения (рабочая точка) находится при напоре – 900 м, подаче – 240 м³/ч. Работа при данном режиме не допустима, так как точка пересечения находится вне рабочей зоны насоса. Возможно, что работа в данном режиме является источником отказов насоса, так как при таком режиме высока вероятность выхода из строя движущихся частей насоса вследствие перегрева и вибрации, так же большая нагрузка на двигатель. Решить данную проблему можно с помощью повышения давления на линии нагнетания. На рисунке 3 изображена кривая насоса при давлении на линии нагнетания 12 МПа, по графику видно, что при таком режиме работе риск отказа насоса ниже.

Библиографический список:

1. Насосы центробежные многоступенчатые секционные [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа : http://www.altaidromash.ru/docs/instrukcia-cns-105_180_300.pdf, свободный.
2. Демин, С. Е., Демина, Е. Л. Математическая статистика : Учебно-методическое пособие / С.Е. Демин, Е.Л. Демина – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2016. – 284 с.
3. Раинкина, Л. Н. Гидромеханические расчеты трубопроводных систем с насосной подачей жидкости : Учебное пособие для выполнения курсовой работы / Л. Н. Раинкина. - Ухта : Изд-во Ухтинского индустриального института, 1997. - 78 с. : ил.

УДК 004.8; 331.4

Обзор примеров применения нейросети как средства для повышения уровня безопасности на производстве

Мамонтова Н.В.

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

Тема безопасности на производстве актуальна на сегодняшний день по причине большого числа случаев производственного травматизма. Несмотря на все прилагаемые усилия и меры, которые применяют для обеспечения безопасности, общее число несчастных случаев по-прежнему остается достаточно большим. По данным Росстата за 2020 год число пострадавших на производстве составило 20,5 тыс. человек, из них 910 с летальным исходом [1]. Основной причиной получения травм на производстве является несоблюдение техники безопасности.

По статистике основными факторами несчастных случаев на производстве являются:

- Падение с высоты (30%).
- Транспортные происшествия (28%).
- Воздействия механизмов, разлетающихся предметов и деталей (20%).
- Падение и обрушение предметов, материалов (10%).
- Прочее (12%).

Для обеспечения безопасности и уменьшения травматизма на современных предприятиях начала широко внедряться видеосистема по охране труда. Однако, на многих производствах контролем за соблюдением правил безопасности труда до сих пор занимается оператор, просматривающий видеокамеры в режиме реального времени. На крупных производствах такой метод неэффективен, так как человеческий глаз не способен анализировать действия сотен сотрудников одновременно. Поэтому на ряде производственных предприятиях назрела необходимость в автоматизации контроля за исполнением требований по охране труда. Безусловно, широко внедряемая в последнее время автоматизация производственных процессов вывела людей из наиболее опасных циклов на предприятиях. Тем не менее полностью исключить присутствие человека на всех этапах производства не представляется возможным. Технологии по автоматизации не обошли стороной и сферу управления безопасностью труда. Многие из них успешно внедряются и применяются на практике.

Автоматизация управления безопасностью труда осуществляется за счет модернизации предохранительных защитных средств, блокировочных устройств, сигнализаций и других технических средств обеспечения безопасности на производстве. Основной технологией на сегодняшний день, способной существенно улучшить качество производимой продукции, уменьшить производственный травматизм, обеспечить полное соблюдение правил ношения средств индивидуальной защиты работниками предприятия, является технология внедрения нейросетей. Данные технологии способны самостоятельно анализировать информацию о процессах с видеокамер и сообщать информацию о возникновении внештатной ситуации оператору службы безопасности [2].

Технология внедрения нейросетей используется в основном с использованием камер видеонаблюдения. Главное преимущество использования нейроаналитики в современных системах видеонаблюдения - способность нейронных сетей распознавать образы и отличать человека от других объектов, тем самым выдавать в разы меньше ложных сигналов, в отличие от камер с технологией обнаружения людей и объектов на основе пикселей.

Цель данной работы заключается в исследовании существующих на сегодняшний день на рынке решений по внедрению нейронных сетей в системы видеонаблюдения для повышения безопасности на производстве. Выполненный обзор позволит выявить наиболее эффективные технологии с использованием нейросетей, внедрение которых повысит уровень охраны труда, снизит число несчастных случаев на производстве.

На современном рынке производителем оборудования с использованием нейронных сетей является российская компания DSSL. Компания основана в 2002 году, основным видом деятельности является создание продуктов для систем видеонаблюдения, в основе разработки которых лежат собственные инновационные решения. Разработчики DSSL активно используют нейросети в своих устройствах для решения различных задач и создают модули нейронного детектирования. Для решения задач, связанных с безопасностью, в том числе на производстве, они создали несколько модулей с нейросетью: Direction Detector, Pose Detector, Hardhat Detector, Wear Detector и Face Mask Detector [3].

Direction Detector - модуль, предназначенный для детектирования движения в запрещенном направлении человека и транспорта. Он основан на нейронном детекторе объектов, что позволяет распознавать объекты с высокой точностью. Принцип работы заключается в формировании тревоги и передачи информации оператору при пересечении объектом линии в запрещенном направлении. Применение технологии Direction Detector, в рамках производства, может быть целесообразным на складе готовой продукции, где должны быть четко разделены зоны транспортных средств и пешеходов, а также в местах, где нахождение человека может быть опасным для его здоровья и жизни, например, в зонах высокого напряжения. В данном случае внедрение нейросетей может снизить число нарушений в зонах повышенной опасности, тем самым уменьшить количество травм и летальных исходов на производстве [4].

Hardhat Detector применяется для определения наличия защитной каски на голове человека. Данный детектор особенно актуален на строительных объектах и в производственных цехах. Технология решает такую проблему, как пренебрежение правилом безопасности труда по ношению каски. Принцип работы следующий: сотрудник не надевает каску или снимает ее во время работы, детектор определяет нарушение и передает информацию оператору, одновременно с этим срабатывает средство оповещения, которое находится в зоне видимости сотрудника, привлекает внимание нарушителя и требует незамедлительно надеть каску. Выгода в применении данного детектора заключается в предотвращении травматизма на рабочем месте, автоматизации работы службы безопасности и улучшении трудовой дисциплины.

Wear Detector дает возможность контролировать допуск работников в производственный цех по цвету униформы. Нейронный детектор с технологией Wear Detector может применяться на производствах, ограждения между цехами которого отсутствует, следовательно, перемещение сотрудниками предприятия является свободным. Проблема данной ситуации в том, что неконтролируемое перемещение работников в части производства, доступа к которым у них нет, может закончиться травмой или летальным случаем вследствие недостаточной защиты и квалификации работников другого цеха. Сценарий с Wear Detector: людей с разным доступом разделяют по цветам униформы, сотрудник без соответствующего доступа проникает в запрещенную для него зону, видеочамера детектирует цвет униформы, фиксирует нарушение и оповещает оператора, оператор реагирует на сообщение. Данное решение может минимизировать количество нарушений производственного регламента, повысить уровень дисциплины.

Pose Detector отличается от других модулей тем, что в большинстве случаев он не предотвращает получение травмы, а незамедлительно реагирует на уже случившуюся внештатную ситуацию. Нейронный детектор поз позволяет определять различные позы людей и

классифицировать их. На данный момент разработчики научили детектор отличать следующие позы: сидит, лежит, согнут в пояснице, поднята правая или левая рука, подняты обе руки. Pose Detector может быть полезен на рабочих местах, на которых работа выполняется в определенной позе, а все остальные положения рассматриваются как нарушение или получение травмы. Например, человек работает на высоте в положении стоя, при падении с высоты он меняет свою позицию на положение лежа из-за полученной травмы, камера фиксирует тревожную позу и информирует оператора об этом. Одновременно, средство оповещения привлекает внимание самого сотрудника и всех, кто находится рядом с ним. Быстрое реагирование, обеспеченное нейросетью в данной ситуации может уменьшить последствия полученной травмы или спасти жизнь сотрудника.

Модуль Face Mask Detector предназначен для контроля ношения защитных масок. С помощью нейросетевого детектора объектов происходит обнаружение в кадре лиц людей и определение наличия защитной маски. При обнаружении человека, на лице которого отсутствует защитная маска, генерируется тревожное событие, информирующее оператора. На производстве нейронный детектор масок может применяться в качестве средства контроля за соблюдением правила ношения защитных респираторов. Технология поможет сохранить здоровье сотрудников и не допустить нарушение требования по ношению средств индивидуальной защиты.

Выполненное исследование показало, что на сегодняшний день практически на каждый вид нарушения ТБ существует своя система нейроаналитики. В работе приведены примеры нейросетей разработанные компанией DSSL. Однако, рынок, направленный на решение задач с помощью нейросетей еще более разнообразен. На нем представлены и другие фирмы, которые решают любые задачи, связанные с нейроаналитикой, следовательно, любое предприятие сможет найти товар для решения своей проблемы. Хочется верить, что в ближайшем будущем нейросети помогут уменьшить число несчастных случаев и сохранить как жизнь, так и здоровье сотрудников предприятия.

Библиографический список:

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]/Статистика производственного травматизма URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1 (дата обращения: 03.03.22)
2. Миллер Ю.В, Бородач М.М., Шилкин Н.В. Оценка потенциала энергоснабжения при применении автоматизированной системы управления теплоэнергоуправлением и микроклиматом здания //АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2018 № 6 С. 54-61.
3. Сайт компании DSSL [Электронный ресурс]/О компании DSSL URL: <https://www.dssl.ru/about/about.php> (дата обращения: 03.03.22)
4. База знаний DSSL [Электронный ресурс]/Информация о модулях нейронного детектирования URL: <https://confluence.trassir.com/pages/viewpage.action?pageId=30738822> (дата обращения 04.03.22).

УДК 621.317.785

Анализ систем пожаротушения в торговых центрах

Митрофанов Б.А.

Научный руководитель – Жуйков А.Е.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Объектом исследования является торговый центр “Ярмарка”, который находится в г. Ухта, ул. Строительная, дом 2.

Целью работы является анализ систем пожаротушения в торговом центре.

Статистика пожаров в торговых центрах России за 2017-2018 года такова: в среднем 15

пожаров в год, средняя площадь пожара 300 кв.м., основная причина –короткое замыкание, средний номер сложности пожара № 2, средний ущерб пожара 10 000 000 рублей. При возникновении пожара в зданиях с массовым пребыванием людей возникает непосредственная угроза людям. Большой опасностью при пожаре является паника, представляющая собой внезапный, безотчетный, неуправляемый страх, овладевающий массой людей. Для спасения людей в первую очередь выбирают кратчайшие и наиболее безопасные пути. Способы спасения людей определяются в зависимости от обстановки на пожаре и состояния людей, которые нуждаются в помощи. Поэтому для каждого торгового центра необходимо разработать уникальную систему пожарной безопасности, которая будет соответствовать особенностям данного объекта.

Основные причины гибели людей: (Рис.1)

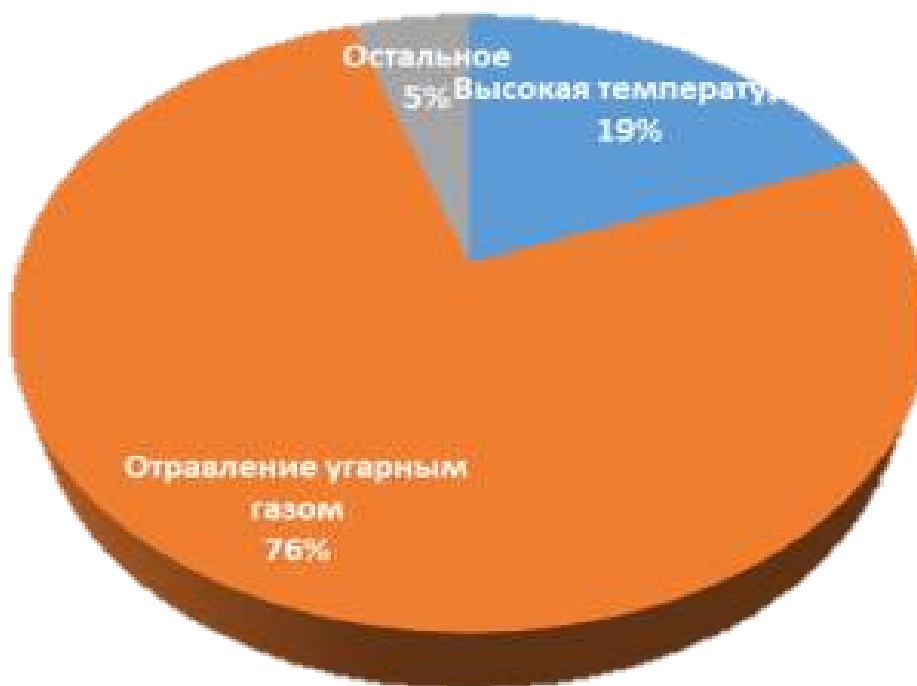


Рисунок 1– основные причины гибели людей

"Ярмарка" – это торгово-развлекательный комплекс регионального класса, позволяющий совместить цивилизованный способ совершения покупок с отдыхом и развлечениями.

Общая площадь с развитием: 70 000 кв.м., торговая площадь: 60 000 кв.м., этажность: 2 уровня. На двух этажах торгового комплекса собраны ведущие международные и российские бренды: семейный гипермаркеты, супермаркеты, экомаркет и т.д. и более 300 арендаторов.

Общественное питание: ресторанный дворик, чайхана, кофейни, караоке бар. Развлечения: боулинг, детский развлекательный центр, кинотеатр на 1000 мест.

Услуги: банки, аптеки, бюро путешествий, салон красоты, химчистка, ателье.

Парковка: бесплатная автостоянка на 1500 м/мест, помимо этого будут оборудованы стояночные места для служебного, технического и грузового транспорта с других сторон здания с общей площадью около 2000кв.м.

Отличная транспортная и пешеходная доступность: - 5 минут от центра города; - на территории автобусные остановки с основными городскими маршрутами; - расположен на трассе, соединяющей юг и север республики.

Целевая аудитория центра – семейные пары с детьми.

Посещаемость ТРЦ «Ярмарка» 50000 – 65000 человек в месяц.

Оперативно-тактическая характеристика здания:

Здание 3-х этажное, размером 138 x 189,2 x 6.8 м, стены железобетонные плиты, кирпичные, сэндвич-панели;

перекрытия железобетонные плиты; - перегородки гипсокартон; - кровля профнастил, мембрана; предел огнестойкости строительной конструкции 2 СО; количество выходов 35. Лестничные клетки обычные Л-1.

Энергетическое обеспечение: - напряжение в сети – основное 220 В, силовое 380 В. Отключается персоналом объекта в электрощитовых находящихся на этажах здания;

Отопление центральное водяное; - система извещения и тушения пожара автоматическое.

Установками пожаротушения защищены помещения с выходами на улицу , установка спринклерная. Тип системы – водо - заполненная, по времени срабатывания – средне инерционная;

Источник водоснабжения – городской водопровод;

Наличие и места автоматического и ручного пуска установок пожаротушения на посту охраны на первом этаже.

Включается автоматически при срабатывании пожарной сигнализации или с помощью ручного пуска.

Помещения ТРЦ оборудованы системами АУПС и СОУЭ.

Сведения о системе автоматического обнаружения пожаров, ее тактико-техническая характеристики:

Извещатели:

- дымовые автоматические ИП212-41(ДИП-ИС)

– опто-электронный точечный

(инерционность срабатывания – 5-10 сек.)

-тепловые пожарные извещатели ИП103-7

-ручные извещатели ИПР-И

Извещателями оборудованы все помещения.

Сведения о системе автоматического извещения о пожаре:

Приемно-контрольная станция «Сигнал-20» установлена в вахте на 1 этаже

Сведения о системе автоматического оповещения о пожаре, ее тактико-техническая характеристика:

Система автоматического оповещения представлена модулем акустическим «Соната».

Динамики расположены на всех этажах по 2-3 шт. в коридорах.

Система дымоудаления и противодымной защиты: (Рис.2)

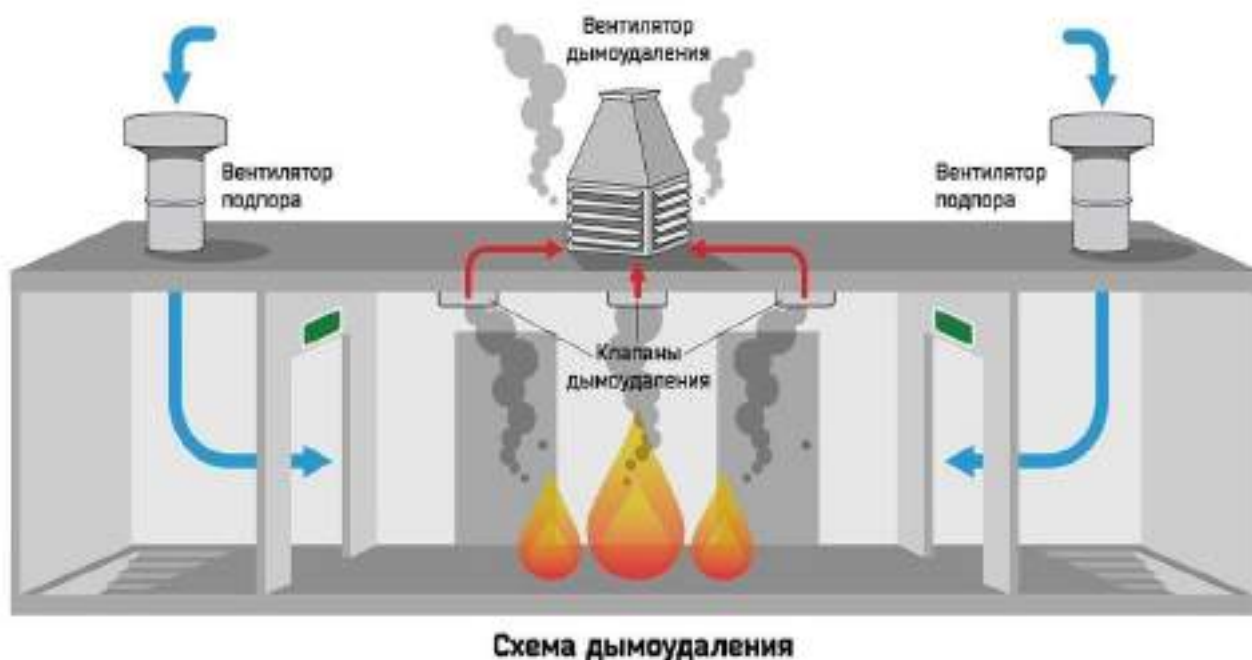


Рисунок 2– система дымоудаления и противодымной защиты

Данная система предусматривает применение как приточной, так и вытяжной противодымной вентиляции. Обеспечивает своевременное удаление продуктов горения из помещений ТРЦ, торговых галерей, эвакуационных коридоров, лестничных клеток.

Эвакуационные коридоры имеют ширину не менее 2,5 м.

Оборудованы противопожарными дверьми. Стены выполнены из огнестойких материалов, которые могут подвергаться воздействию открытого пламени на протяжении 60 минут.

Действия обслуживающего персонала (работников) организации до прибытия подразделений пожарной охраны

Охрана: - подача сигнала оповещения о пожаре путем запуска системы автоматического оповещения;

- сообщение о пожаре в пожарную охрану по телефону «01», «101», «112»;

- открытие запасных выходов из здания.

Директор ТРК «Ярмарка» (или его заместитель):

- уточнение информации о месте возникновения пожара в здании;

- организация эвакуации людей из здания;

- организация тушения возгорания первичными средствами пожаротушения, имеющимися на объекте (при возможности);

- встреча первого подразделения пожарной охраны;

- учет эвакуированных людей из здания, проверка эвакуированных.

Ответственный за ПБ совместно с охраной (на этажах):

- проведение эвакуации людей с этажа (отделения);

- учет эвакуированных и доклад о результатах эвакуации руководителю тушения пожара.

Предполагаемая численность лиц, находящихся (работающих, находящихся) на объекте

- работников – до 300 человек;

- посетителей – до 2000 человек; - в ночное время: персонал 3 человека.

- из здания имеется выходов: 28-ь с 1-го этажа; 4-е с 2-го этажа; 2-а с 2-х насосных пожаротушения; 1-н с киноаппаратной 2-го этажа.

Системы пожарной безопасности в ТРЦ «Ярмарка» соответствует нормативно-правовым актам в РФ;

Достигнута стопроцентная укомплектованность системами пожаротушения;

Кроме того, предусмотрен круговой проезд автомобилей пожарной службы. А расстояние до ближайшей части составляет не более 1 км. Это обеспечивает оперативное прибытие служб быстрого реагирования и оптимальный доступ для специального транспорта к любой точке торгового центра.

Библиографический список:

2. Федеральный закон Российской Федерации «О пожарной безопасности» от 18 ноября 1994 г. 69-ФЗ.

3. Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. 123-ФЗ

4. Повзик Я. С. – Справочник руководителя тушения пожара – М. ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2000-361 с.

5. Терехнев В.В. – Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений – М. ПожКнига, 2004. – 248 с.

6. План пожаротушения ТРЦ «Ярмарка», расположенный по адресу: г. Ухта, ул. Строительная 2А.

Шум и вибрация на промышленных предприятиях

Орлова О.Ф., Ларионов Т.Д.

Научный руководитель – Жуйков А.Е.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Проблема вибро волн, что окружают нас по всюду ежедневно, представляют сложную комплексную задачу. Медицинскими исследованиями установлено, что длительные вибрационные нагрузки даже при низком уровне могут вызвать виброболезнь, поражающую нервную, сердечно-сосудистую и двигательную системы человека. В настоящее время среди профзаболеваний виброболезнь стоит на втором месте по распространенности (20 % профессиональных инвалидов). Кроме этого, под действием вибрации рассеивается внимание, снижаются функциональные возможности человека-оператора, повышается его утомляемость.

Понятие вибрации, ее классификация

Вибрация - это механические колебания в технике (машинах, механизмах, оборудовании, инструментах) относительно каких либо первоначальных положений. Классифицируют вибрацию следующим образом: (Рис.1)



Рисунок 1

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрацию. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека. Локальная вибрация передается через руки человека.

Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия с пневматическим или электрическим приводом.

Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Первоначально слово шум относилось исключительно к звуковым колебаниям, однако в современной науке оно было распространено и на другие виды колебаний (радио-, электричество).

Шум можно разделить на 4 основные группы, имеющие деление на подгруппы. 1. По механизму возникновения:

1.1 механический шум (работа машин и механизмов).

1.2 аэро- и гидродинамический шум.

1.3 электродинамический шум.

2. По частоте различают следующие виды шума:

2.1 низкочастотный менее трехсот герц;

2.2 среднечастотный от трехсот до восьмисот герц;

2.3 высокочастотный выше восьмисот герц.

3. По спектру шумового действия:

3.1 широкополосный.

3.2 тональный.

4. По времени воздействия шум разделяется на:

4.1 постоянный, при котором уровень звукового давления в течение определенного временного промежутка постоянен в пределах 5 дБ,

4.2 непостоянный, шум, при котором интенсивность изменяется в любую произвольную сторону более чем на 5 дБ, он бывает трех видов:

4.2.1 колеблющийся.

4.2.2 прерывистый.

4.2.3 импульсный.

Воздействие на организм

Постоянное воздействие шума и вибраций на человека приводит к нарушению биоэлектрической активности мозга, замедлению реакции, ухудшению показателей ЭЭГ. Одновременно биохимические анализы показывают резкий рост уровня кортизона, адреналина и норадреналина – веществ, называемых «гормонами стресса».

Способы подавления вибраций и шума по Строительным Нормам и Правилам

- усиление звукоизоляции – применение специальных прокладок и уплотнителей на всех инженерных конструкциях и производственном оборудовании;

- внедрение звукоизолированных рабочих мест для дистанционного управления производственными процессами;

- использование кожухов и укрытий от шумовых и вибрационных источников;

- использование реактивных глушителей (актуально для аэрокосмической отрасли и производств, где применяются аэро- и гидродинамические установки);

- использование звукопоглощающих локальных экранов и установок, виброизоляторов (войлок, резина и др.);

- использование звукопоглощающих облицовок при строительстве производственных помещений;

- внедрение малозумных технологий кондиционирования;

- правильное расположение промышленного объекта по отношению к заселенным территориям и объектам социальной инфраструктуры.

Современные технологии.

Активное шумоподавление- способ устранить нежелательный шум с помощью наложения, в противофазе, специально сгенерированного звука.

До недавнего времени производители использовали только статичные неперестраиваемые фильтры активного подавления шума. Этот универсальный метод подразумевает, что один фильтр работает для всех условий воспроизведения звука. Сегодня используются адаптивные или перестраиваемые фильтры, которые подстраиваются под слух человека или особенности конфигурации наушников, и адаптируются к меняющейся

акустической обстановке. Это позволяет улучшить функцию подавления шума для более широкого круга пользователей. Адаптирование – это не просто фильтрация шума. Если проанализировать окружающие шумы, то можно отметить массу их разновидностей, например звук двигателей в салоне самолета (низкие частоты), разговоры в кафе (средние частоты), музыка на концерте (очень громкий звук) и шум в библиотеке (очень тихий звук). В каждой конкретной ситуации адаптивный фильтр работает так, чтобы максимально повысить общую эффективность подавления шума. Например, в салоне самолета фильтр подавляет более низкие частоты, а в кафе – средние и т.д. (Рис. 2)

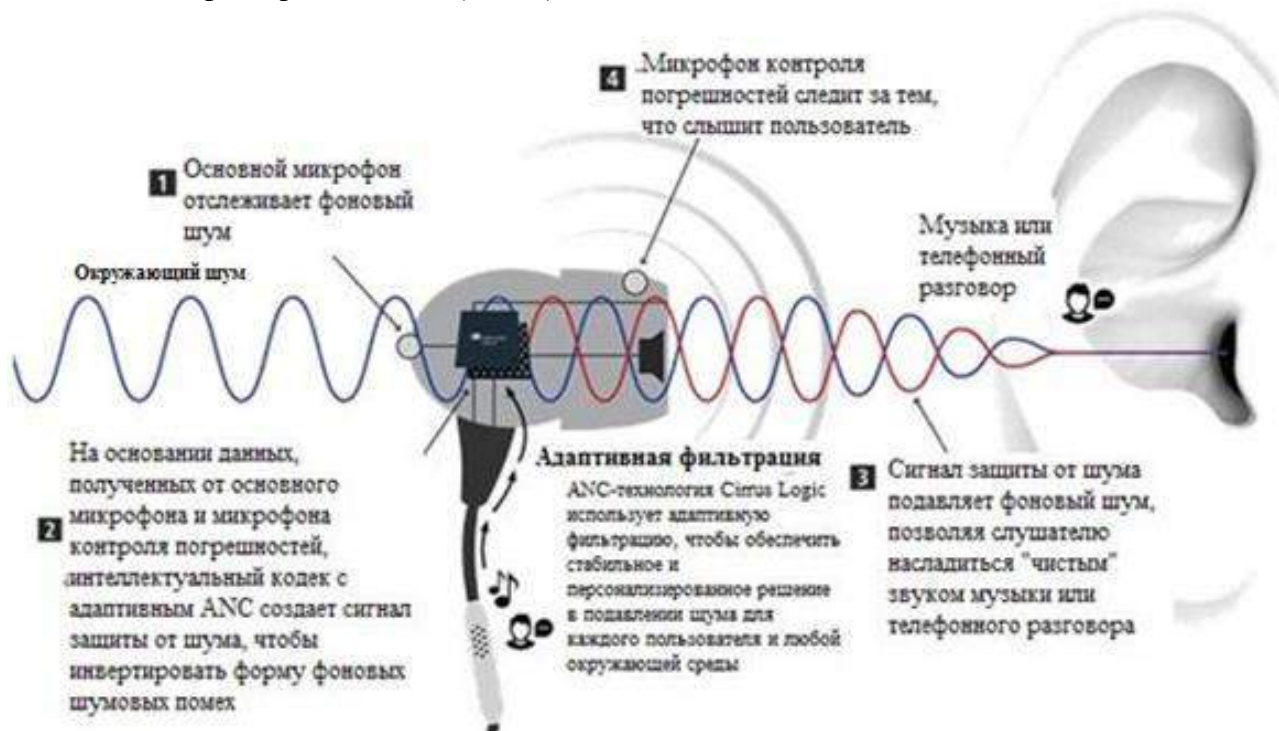


Рисунок 2

Для питания носимой электроники и множества датчиков наравне с добычей электричества из света, радиоволн и тепла изучается вопрос получения энергии из вибраций. Вокруг нас вибрирует и трясётся практически всё. Было бы заманчиво использовать вибрации — это практически вечная бесплатная энергия для питания маломощной электроники. В процессе добычи электроэнергии из вибраций используются электромагнитные, электростатические и пьезоэлектрические принципы преобразования колебаний в ток. До сих пор преобразователь вибраций в электричество строился на основе интеграции в MEMS электрета — постоянно заряженного диэлектрика. Вибрации заставляли электрод на подпружиненном контакте перемещаться вдоль заряженного электрета, что вело к возбуждению электрического тока.

Прототип полезной модели

Данная установка состоит из легкого диффузора с катушкой и мощного неодимового магнита. Преобразование происходит за счет, колебательного перемещение катушки вдоль магнита. Данная установка для преобразовании звуковых волн, включающая в себя диффузор установленный на очень мягких пружинах не воздействующих с магнитом (сделанных из магния, пластика и т.д.). К нижней части диффузора прикреплен медная катушка, в которой более 500 витков тонкого провода, толщиной 0,07 миллиметра. Концы провода идут на диодный мост, чтоб преобразовать переменный ток в постоянный. После на саму нагрузку (световой диод). Можно добавить аккумулятор (ионистор) и выключатель, тогда энергию можно будет накапливать и использовать в любое удобное нам время. Вся установка находится на мощном неодимовом магните, находящемся между двумя магнита-проводами(железо). (Рис. 3)

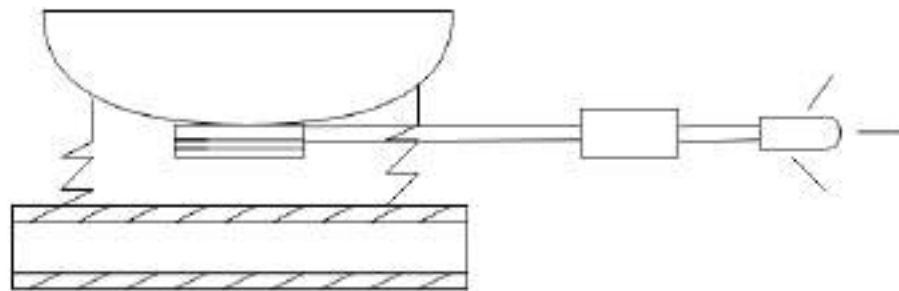


Рисунок 3

Выводы:

В данной работе, изучили понятия шум, вибрация и классифицировали их.

Ознакомились с новейшими технологиями, по защите от шума. И по преобразованию вибро-волн в энергию.

Сделали свою собственную модель.

Библиографический список:

1. Курмышева А.Ю. Системы борьбы с шумом и вибрацией//Учебное пособие:Наука, Технологии. —2019. —№1— с.1-93.
2. Ю.В.Колосов Защита от вибрации и шума на производстве// Учебное пособие:Наука, Технологии. —2011. —№2— с.103-201.
3. Наука, Технологии, Изобретения // Шум и вибрация на промышленных предприятиях URL: <https://works.doklad.ru/view/AormoLsVM-k.html> (дата обращения: 03.03.2022).

УДК 614.89:346

Нормативное регулирование обеспечения работников СИЗ

Поликарпова М.В.

Научный руководитель - Нор Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия.

Минтруд РФ разработало Единые Типовые нормы выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств и Правила обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами. Ключевым моментом в новых правилах станет применение модели обеспечения сотрудников средствами индивидуальной защиты, которая будет предусматривать производственные риски на каждом конкретном рабочем месте.

В работе был проведен анализ отличий нового способа обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и какие проблемы будут решать новые Единые типовые нормы.

Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 311-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс РФ» сформировал базу для реализации нового способа в обеспечении сотрудников средствами индивидуальной защиты. Новая версия Трудового кодекса РФ вступила в силу 1 марта 2022 года.

В обновленной редакции Трудового кодекса РФ, касающегося раздела охраны труда, внесены следующие изменения:

- дано более точное определение средствам индивидуальной защиты;
- разработан новый порядок выдачи работникам средств индивидуальной защиты, вместо списочного подхода вводится комплектование с учетом результатов специальной

оценки условий труда и оценки профессиональных рисков в системе управления охраной труда, присущих конкретному рабочему месту;

- введены Единые типовые нормы взамен Типовым отраслевым нормам.

Рассматривая данные пункты Трудового кодекса более подробно, можно сделать вывод, что новая версия статьи 209 Трудового кодекса РФ, в отличие от предыдущей, содержит самостоятельное определение понятия «СИЗ». Если в предыдущей версии статьи 209 Трудового кодекса определение средства индивидуальной и коллективной защиты работников звучит как – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнений, то в новой же редакции данной статьи, определение средства индивидуальной защиты звучит как – средство, используемое для предотвращения или уменьшения воздействия на работника вредных и (или) опасных производственных факторов, особых температурных условий, а также защиты от загрязнений. Отличие определений средств индивидуальной защиты в действующей и новой редакции представлены на рисунке 1.

Еще одним нововведением данной статьи Трудового кодекса РФ является и сам принцип учета результатов спецоценки условий труда и оценки профрисков при выборе средств индивидуальной защиты для работников.

На рисунке 2 представлена схема с действующими и новыми нормативно-правовыми актами. Если в действующей системе имелось порядка 66 нормативно – правовых актов, то в новой редакции их свели к минимуму и сделали всего два – Единые типовые нормы для всех работников и Правила обеспечения работников СИЗ.

ст. 209 ТК РФ (в действующей редакции)	ст. 209 ТК РФ (в новой редакции)
Средства индивидуальной и коллективной защиты работников — технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения	Средство индивидуальной защиты — средство, используемое для предотвращения или уменьшения воздействия на работника вредных и (или) опасных производственных факторов, особых температурных условий, а также для защиты от загрязнения

Рисунок 1 – Определение СИЗ в действующей и новой редакции



Рисунок 2 – Действующие и новые НПА по обеспечению работников СИЗ

Существующая система подбора средств индивидуальной защиты не учитывает

результаты оценки профессиональных рисков и не позволяет гибко реагировать и подбирать спецодежду под условия на конкретном рабочем месте. Действовавшие типовые отраслевые нормы охватывали только 60 % существующих профессий, и применялись нормы выдачи однотипных СИЗ на год для сходных профессий.

Действующие типовые нормы проявляют как избыточность выдаваемых СИЗ, так и их недостаток, для выполнения конкретной трудовой деятельности.

На примере мы рассмотрим, как выдать СИЗ работнику, если его должность не указана в типовой норме выдачи СИЗ.

Например, у двух сотрудников одной компании есть одна профессия – оператор склада. Под одним названием можно скрыть различные обязанности, которые могут выполнять рабочие. Таким образом, нужно анализировать, что делает каждый сотрудник. В работе представлен примерный вид, как можно разделить две одинаковые профессии с разными видами работ, с целью выдачи спецодежды конкретно для своих выполняемых обязанностей (таблица 1):

Таблица 1 – Обязанности двух сотрудников с одинаковой профессией

Вид работ	Оператор склада № 1	Оператор склада № 2
Уличные работы	Да	Нет
Работа с помощью приставных лестниц	Нет	Да
Складирование грузов на стеллажи	Нет	Да
Работа рядом с источниками шума	Да	Нет

Рассматривая виды работ у обоих операторов, видно, что набор функций совершенно разный, как и полагающиеся для них средства защиты. Так, для уличных работ, оператор первого склада задействован в работе, а оператор второго склада – нет. Для работ, связанных с приставными лестницами, наоборот, оператор склада № 2 использует их в работе, а оператор склада № 1 нет. Функцией складирования грузов на стеллажи также обладает только оператор склада № 2, а с работами, связанными с воздействием шума, наоборот, имеет дело оператор 1 склада.

Таким образом, это различие должно быть фиксировано в должностной инструкции для каждого работника.

Примерный план действий по выдаче СИЗ будет следующим:

1. Разделить операторов склада по штатному расписанию: «оператор уличного склада», «оператор внутрицехового склада» и т.д.
2. Составить подробную должностную инструкцию для каждого из операторов с указанием вида работ, обязанностей и полномочий.
3. Провести специальную оценку условий труда для обоих рабочих мест.
4. На основании карт спецоценки рабочих мест, составить перечень бесплатной выдачи специальной одежды, обуви и других СИЗ для работников.
5. Выдать работникам СИЗ согласно этому перечню с записью в личных карточках.

На рисунке 3 показана новая структура выдачи средств индивидуальной защиты, согласно новому разработанному риск-ориентированному подходу. При разработке Единых типовых норм выдачи СИЗ учитывались недостатки Типовых отраслевых норм – от избыточности и недостатка СИЗ, до несоответствия международным и российским регламентам.



Рисунок 3 – Нормативно-правовые акты принятие которых предусмотрено ТК РФ.

Библиографический список:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система Консультант + Режим доступа свободный http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (Дата обращения 10.03.2022).
2. Санэпидконтроль. Охрана труда [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: https://www.profiz.ru/sec/1_2022/obespechenie_SIZ/ – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 10.03.2022).

УДК 614.8:656.089.2

Сравнительный анализ средств поиска пострадавших из под завалов

Смирнова В.Д.

Научный руководитель - Поликарпова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

С целью нахождения пострадавших в завалах и уточнения их условий, а также для установления с ними как звукового так и визуального контакта, применяются средства поиска пострадавших из под завалов.

С целью проведения анализа состояния и роста развития приборов поиска пострадавших, в работе были рассмотрены приборы как приборы отечественного, так и зарубежного производства.

На рынке отечественных и зарубежных производств приборов поиска пострадавших их количество достаточно велико, поэтому в работе были выбраны и рассмотрены только некоторые приборы из имеющихся на рынке производства.

Среди отечественных были рассмотрены следующие приборы:

1. Комплекс «Шлем»(универсальный видео-радиофицированный шлем спасателя), предназначенный для передачи видеоизображения на стационарный монитор.

2. Телевизионная система поиска «Система 1», предназначена для дистанционного визуального осмотра скрытых полостей завалов, а также с целью определения состояния людей путем их осмотра и прослушивания.

3. Радар-детектор РД-400. Данный прибор содержит два режима работы. Первый режим помогает обнаруживать пострадавших по движению, при ведение сканирования через радио прозрачные преграды (кирпичные, железобетонные и т.п.). Второй режим – это режим георадара, который позволяет спасательным группам обнаружить людей под завалами как по движению так и по дыханию, а также определить расстояние до подвижного или неподвижного человека.



а) комплекс «Шлем»,



б) телевизионная система поиска «Система 1»



в) радар-детектор РД-400

Рисунок 1 – Приборы поиска пострадавших отечественного производства

Давая характеристику всем отечественным приборам поиска пострадавших, можно выделить их высокую надежность, бесперебойную работу, длительный срок службы и эффективное использование, которое помогает искать пострадавших практически в два раза быстрее. Эффективность данной работы зависит во многом от технических характеристик применяемых приборов поиска.

При анализе приборов зарубежного производства, в работе были рассмотрены

следующие их варианты:

1. Виброфон «ASB-8a». Прибор, предназначенный для поиска пострадавших из под завалов.
2. Детектор для проведения поисковых работ «Рессо». Прибор предназначен для обнаружения пострадавших, которые оказались в снежных лавинах, дальность обнаружения которого составляет 2 – 30 м.
3. Портативная телевизионная система для спасательных и поисковых работ «Кальмар» серии S-1000. Данная система предназначена для обследования завалов, опасных мест в разрушенных сооружениях и блокированных пространствах.



а) виброфон «ASB-8a», б) портативная телевизионная система «Кальмар»



в) детектор для проведения поисковых работ «Рессо»

Рисунок 2 – Приборы поиска пострадавших зарубежного производства

С целью определения возможности регистрации пострадавших по различным признакам, в работе был проведен анализ систем. Приборы тестировались по следующим признакам проявления жизни пострадавших: наличие сердцебиения, наличие/отсутствие дыхания, движение руками и ногами и подача звуковых сигналов, данные анализа представлены на рисунке 3.

Из рисунка видно, что возможность регистрации всех признаков жизни, есть только у телевизионных систем поиска пострадавших. С наиболее худшей стороны показали себя акустические приборы поиска, которые определяют местонахождение пострадавших только по звуковым сигналам. Остальные три вида приборов, микроволновые детекторы, биорадары и

индукционные обнаружители, показали одинаковые результаты, с одним лишь минусом, в отсутствии нахождения людей по звуковым сигналам.

В настоящее время наиболее действенным способом поиска пострадавших из под завалов, является применение нелинейных радиолокаторов (рисунок 4), которые дают возможность обнаружить человека даже в бессознательном состоянии. Данный способ является наиболее перспективным из всех имеющихся.

Возможность регистрации пострадавших по различным признакам

Прибор \ Признаки пострадавших	Сердцебиение	Дыхание	Движение руками, ногами	Подача звуковых сигналов
Акустические приборы	-	-	-	+
Телевизионные системы	+	+	+	+
Микроволновые детекторы движений	-	+	+	-
Бнорадары	+	+	+	-
Индукционные обнаружители	+	+	+	-

Рисунок 3 – Возможность регистрации пострадавших по различным признакам



Рисунок 4 – Нелинейный радиолокатор

При проведении исследований было установлено, что многие зарубежные приборы поиска пострадавших не только не превосходят, но по ряду характеристик уступают отечественным. Также при исследовании ценовой политики приборов, было выявлено, что стоимость зарубежных приборов намного выше отечественных.

Библиографический список:

1. Основные тенденции развития приборов поиска пострадавших [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://cyberleninka.ru/> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 15.03.2022).

Перспективные направления повышения надёжности промысловых нефтепроводов

Грунковой Т.В., Нор Е.В., Потапов Ю.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Современные процессы добычи и транспортировки добываемой нефти претерпели существенные изменения со времени начала её промышленной добычи. В период становления нефтедобывающей отрасли оборудование, предназначенное для сбора, подготовки, хранения и переработки нефти постоянно развивалось, совершенствовалось и модернизировалось, учитывалось воздействие на него нефти, окружающей среды, сопутствующих процессов, в результате чего были достигнуты высокие показатели по надёжности и безотказности оборудования используемого в технологических процессах, но в то же время статистические данные свидетельствуют о том, что до сих пор на объектах добычи, подготовки и хранения нефти происходят отказы и разрушение оборудования, которые приводят к серьёзным авариям, пожарам, взрывам и утечкам нефти в окружающую среду.

Аварии, пожары, взрывы и утечки нефти в окружающую среду приводят к значительным материальным затратам на ликвидацию их последствий и восстановление работоспособности объектов нефтедобывающей отрасли, к значительным загрязнением объектов окружающей природной среды, которые зачастую приходится ликвидировать не одно десятилетие, а также к человеческим жертвам среди обслуживающего персонала и местного населения.

Анализ деятельности крупных нефтедобывающих компаний отрасли показывает, что они озабочены поиском решений, направленных на повышение надёжности и увеличение сроков безопасной эксплуатации промысловых и технологических нефтепроводов. В частности, на предприятиях ОАО АНК «Башнефть» эксплуатируется более 22 тыс. км промысловых трубопроводов различного назначения [1], суммарная протяженность АО «Белкамнефть» составляет более 1,5 тыс. км [2], ОАО «ТНК-ВР» эксплуатирует более 22 тыс. км действующих и 5 тыс. км бездействующих трубопроводов [3], общая протяженность промысловых трубопроводов ПАО «ЛУКОЙЛ» составляет более 44,1 тыс. км [4], в то же время в ПАО «НК «Роснефти» программа «Повышение надёжности трубопроводов 2020-2025 гг.» предусматривает реконструкцию 10 тыс. км трубопроводов, капитальный и текущий ремонт 7 тыс. км транспортных сетей [5].

При этом в ряде компаний просматривается приверженность к комплексному подходу в части повышения надёжности нефтепроводов, начиная от подбора материалов, из которых изготавливаются нефтепроводы, изготовления труб, и заканчивая контролем состояния нефтепроводов выработавших свой ресурс. Но в большей степени это обусловлено размером и объемами ресурсов в той или иной компании.

Основные перспективные направления повышения надёжности нефтепроводов, которыми оперируют нефтяные компании это:

- изготовление и применение труб в коррозионно-стойком исполнении;
- изготовление и применение труб из композитных материалов;
- изготовление и применение труб с наружным и внутренним полимерным покрытием;
- полный входной контроль труб и материалов, включая электроды и технологии производства работ;
- внедрение различных методов диагностики, в т.ч. акустико-эмиссионная диагностика промысловых нефтепроводов;
- проведение внутритрубной диагностики промысловых нефтепроводов;
- проведение регулярной внутритрубной очистки нефтепроводов, в том числе с использованием полиуритановых шаров;
- проведение капитального ремонта нефтепроводов с использованием труб в коррозионно-стойком исполнении;
- проведение постоянной ингибиторной защиты нефтепроводов;

- использование различных систем электрохимзащиты нефтепроводов;
- осуществление постоянного надзора за соблюдением требований действующей нормативно-технической документации при строительстве и капитальном ремонте нефтепроводов;
- мониторинг состояния систем промысловых нефтепроводов на всех этапах их жизненного цикла, с использованием специализированных компьютерных программ;
- сочетание вышеперечисленных направлений методов и направлений.

Выше перечисленные методы повышения надёжности охватывают все этапы существования нефтепроводов. При их анализе хорошо заметно, что часть методов применима при строительстве новых нефтепроводов либо при капитальном ремонте действующих, что с некоторой натяжкой также можно отнести к строительству, вместе с тем основная проблема связана с повышением условий безопасной эксплуатации действующих нефтепроводов. В данном случае необходимо учитывать причины возникновения коррозионных процессов, и в зависимости от их возникновения использовать соответствующие методы защиты.

В случае транспортирования по нефтепроводам относительно агрессивных сред, предпочтительно использовать ингибиторную защиту нефтепроводов, но для применения ингибиторов коррозии состав транспортируемой среды должен быть постоянным по своему физико-химическому составу, а жидкость транспортируемая в нефтепроводе должна быть однородна, тогда можно достигнуть максимального результата, в противном случае эффект от применения ингибиторов коррозии будет переменным, в этом случае эффективность применения данного метода можно повысить путем проведения внутритрубной очистки нефтепроводов, которая способствует удалению отложений, газовых шапок и перемешиванию транспортируемого продукта.

В случае воздействия коррозии на наружную поверхность на нефтепроводов, либо воздействие на них блуждающих или наведённого тока ингибиторная защита будет не эффективна в принципе, тогда на первое место выходит электрохимическая защита нефтепроводов, но её существенным недостатком будет её относительная дороговизна, особенно при значительной протяженности нефтепроводов, а плюсом независимость от характера движения транспортируемого продукта и характера агрессивности среды характерных для сырой нефти.

Особый интерес представляет внутритрубная диагностика состояния нефтепроводов, которая позволяет их обследовать независимо от места и глубины прокладки нефтепроводов, кроме того интересна акустико-эмиссионная диагностика. Главное условие диагностирования это 100 % охват исследуемого нефтепровода, так как, например, при язвенной коррозии металла выборочное обследование нефтепровода не приводит к желаемым результатам. Одним из недостатков внутритрубной диагностики является достаточно длительный срок интерпретации результатов обследований, но применение данного метода даёт полную картину о состоянии нефтепровода, что позволит предупредить коррозионное разрушение нефтепроводов «хирургическими методами» - заменой или капитальным ремонтом повреждённых участков, плюс регулярное проведение диагностики действующих и вновь построенных нефтепроводов совместно с применением средств ингибиторной либо электрохимической защиты способно привести к максимальному эффекту в вопросах повышения надёжности эксплуатируемых нефтепроводов, за счёт воздействия на поверхность нефтепроводов и оценкой этого воздействия при проведении диагностики.

Анализ показывает, что наиболее перспективным направлением повышения надёжности промысловых нефтепроводов является применение комбинированных методов защиты, включающих в себя применение внутритрубной диагностики, и ингибиторной или электрохимической защиты нефтепроводов. Предпочтительно рассматривать два основных направления повышения надёжности промысловых нефтепроводов, первый задействуется при строительстве новых нефтепроводов, либо при полной замене нефтепроводов выработавших свой ресурс, а второй при эксплуатации действующих промысловых нефтепроводов.

В рамках рассмотрения первого направления, которое можно сжато описать так: «проектирование → строительство → эксплуатация» необходимо выполнить ряд условий.

На стадии проектирования нового нефтепровода нужно четко представлять срок эксплуатации проектируемого нефтепровода и физико-химические свойства транспортируемой нефти с учётом изменения её характеристик в длительной временной перспективе, так как в процессе разработки месторождений процентное содержание нефти, воды и солей в транспортируемой по нефтепроводам жидкости может кардинально изменяться, например, на первоначальном этапе освоения месторождения обводнёность может быть отсутствовать, а на 3 и 4 стадии эксплуатации месторождений может составлять более 90 %, соответственно содержание солей также может претерпевать значительные изменения. После чего можно определиться с выбором материала нефтепровода, будут ли это трубы в коррозионно-стойком исполнении, трубы из композитных материалов или трубы с наружным и внутренним полимерным покрытием, а также на каком этапе эксплуатации месторождения необходимо применение ингибиторов коррозии либо установок электрохимзащиты.

На стадии строительства нового нефтепровода, на первое место выходит полный входной контроль труб и материалов, включая электроды и технологии производства работ, а также полное выполнение проектных решений, так как попытки сэкономить на технических решениях заложенных в проектную документацию, зачастую приводит к снижению уровня надёжности нефтепроводов, и как следствие к нарушению целостности нефтепроводов, в результате неблагоприятного воздействия на них окружающих и вмещающих сред.

На стадии эксплуатации вновь построенного нефтепровода необходимо выполнение проектных решений, куда в обязательном порядке должны входить, ревизии диагностирование и обслуживание нефтепровода, проведение регулярной внутритрубной очистки полости нефтепроводов и своевременный ремонт и устранение дефектов выявленных при диагностике нефтепроводов.

В рамках рассмотрения второго направления, когда уже эксплуатируются ранее построенные нефтепроводы алгоритм повышения надёжности можно сжато описать так: «диагностика → ремонт → обслуживание» тут возникают свои специфические условия, которые необходимо учитывать.

Основным является диагностирование, при этом необходимо проведение обследования 100 % поверхности нефтепровода, здесь эффективно проведение внутритрубной диагностики либо применение акустико-эмиссионной диагностики промысловых нефтепроводов. Существующие утверждённые требования к проведению ревизии нефтепроводов предусматривают выборочное проведение обследования, например, в соответствии с пунктом 962 Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности, утверждённых приказом Ростехнадзора № 534 от 15.12.2020 «определение мест проведения неразрушающего контроля (не менее двух участков на 1 км; для промысловых трубопроводов протяженностью менее 500 м провести не менее двух шурфов на объект). Участки выбираются в наиболее опасных местах: оголениях, застойных зонах (тупиковых и временно не работающих участках), в местах, где изменяется направление потока (отводы, переходы, тройники, врезки), узлах запорной арматуры...», чего явно не достаточно при наличии участков с язвенной коррозией стенок нефтепроводов. При этом в пункте 890 указанных правил предусматривается внутритрубная диагностика на нефтепроводах «диаметром 159 мм и выше, имеющие участки, относящиеся к особо опасным (пересечение с водными преградами, автомобильными и железными дорогами, технологическими коммуникациями)», что опять же говорит об избирательности применения данного метода. Но только после полного обследования нефтепровода можно предложить дальнейшие пути повышения его надёжности среди них обязательно будет его ремонт, скорее всего внутритрубная очистка, а также монтаж установок подачи ингибиторов коррозии в полость нефтепровода либо проектирование либо установок электрохимической защиты нефтепроводов.

При реализации описанных выше методов повышения надёжности организации, занимающиеся добычей и транспортом нефти неизбежно окажутся перед выбором затратить

значительные финансовые средства на внедрение и использование предлагаемых методов, и в дальнейшем без ущерба для себя и окружающей среды эксплуатировать свои производственные объекты, либо сэкономив финансы на стадии строительства и эксплуатации объектов нефтедобычи возмещать ущерб окружающей среде и Обществу, а также нести незапланированные затраты, которые могут быть значительны. Тут, на наш взгляд должен быть трезвый экономический расчёт, рассчитанный на долгосрочную перспективу развития предприятий, занимающихся добычей нефти, и несомненно контролирующая функция государственных надзорных органов, пресекающая нарушение действующих требований промышленной безопасности отдельными недропользователями в погоне за прибылью и пренебрежением к судьбе и благополучию будущих поколений.

Библиографический список:

1. Комплексные подходы к обеспечению безопасности промысловых трубопроводов ОАО АНК «Башнефть» / В.В. Уметбаев // Журнал Инженерная практика. – 2012. - №5. Текст: непосредственный.
2. Организация работ по повышению эксплуатационной надежности подземных трубопроводов в ОАО «Белкамнефть» / В.С. Большев, А.П. Соклаков // Журнал Инженерная практика. – 2012. - №5. Текст: непосредственный.
3. Разработка, внедрение и перспективы развития автоматизированной системы управления рисками трубопроводов ТНК-ВР / Р.Ф. Сагдиев // Журнал Инженерная практика. – 2012. - №5. Текст: непосредственный.
4. Оценка надёжности трубопроводного транспорта нефтегазодобывающих организаций ПАО «ЛУКОЙЛ» / А.А. Зеленин // Инженерная практика. – 2012. - №10. Текст: непосредственный.
5. Сайт ПАО «НК «Роснефть» [Электронный ресурс] - <https://www.rosneft.ru/press/today/item/201665/> (Дата обращения – 01.03.2022).

СЕКЦИЯ 17. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА

УДК 539.374

Оценка КПД тепловых (мартенситных) двигателей

Стрюков П.В., Герберт Д.В., Суханов А.А.

Научный руководитель - Богданов Н.П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одним из важнейших аспектов использования материалов с ЭПФ называют тепловые двигатели и механизмы, в которых в качестве рабочего тела будут использовать металлы, обладающие способностью к обратимому восстановлению больших деформаций. В связи с этим особенное внимание уделяется изучению термодинамики мартенситных превращений, а так же энергетических возможностей материалов с многократно – обратимой памяти формы (ОПФ).

В ряде работ [1] показано, что в сплавы с ЭПФ способны производить положительную механическую работу при термоциклировании материала через интервалы мартенситных переходов при кручении, при растяжении и при совместном кручении с растяжением. Сказанное выше позволяет рассматривать металлы с ЭПФ, как перспективные материалы для использования их в качестве рабочих тел мартенситных двигателей (МД) и исполнительных механизмов. При всей проработанности вопроса по материалам с ЭПФ, не изученным остается вопрос о коэффициенте полезного действия (КПД) мартенситных двигателей. КПД МД определяли уже в ранних работах [2], однако это направление так и не получило дальнейшего последовательного развития.

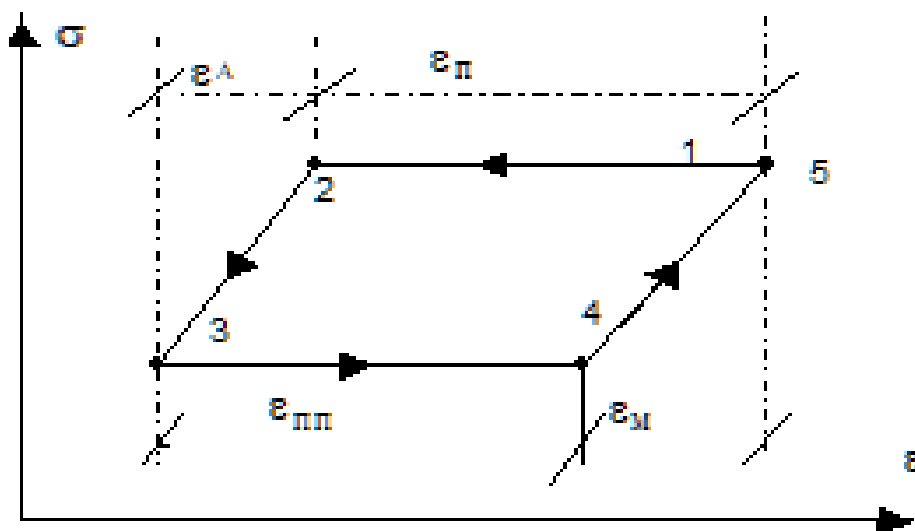


Рисунок 1. Схема, иллюстрирующая, поведение материалов в условиях производства механической работы.

На рисунке 1 показана деформационно-силовая схема, иллюстрирующая производство положительной механической работы в замкнутом термомеханическом цикле при теплосменах в полных интервалах мартенситных переходов ($A_H \leq T \leq A_K$). Механическая работа за термоцикл 1-2-3-4-5 находится как площадь соответствующей трапеции в координатах $\sigma - \varepsilon$:

$$A = (\varepsilon_{\text{п}} + \varepsilon_{\text{пп}})(\sigma_{\text{н}} - \sigma_{\text{о}})/2, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{п}}$ и $\varepsilon_{\text{пп}}$ – деформации, связанные с эффектами памяти формы и пластичности превращения, соответственно на этапах нагрева и охлаждения; $\sigma_{\text{н}}$ и $\sigma_{\text{о}}$ – напряжения при

нагревании и охлаждении. Обозначив деформации, связанные с разгрузкой в аустенитном и догрузкой и мартенситном состояниях, как ε_A и ε_M , используя соотношение $\varepsilon_{II} + \varepsilon_A = \varepsilon_{III} + \varepsilon_M$, и, обозначая $\sigma_H - \sigma_O = \sigma$, получаем:

$$A = \sigma \varepsilon_{II} + \sigma(\varepsilon_A - \varepsilon_M)/2. \quad (2)$$

В большинстве случаев можно полагать, что $\varepsilon_A \approx \varepsilon_M$, тогда (2) принимает вид (3):

$$A \approx \sigma \varepsilon_{II}. \quad (3)$$

На рисунке 2 схематически представлена зависимость деформации от температуры на этапе нагревания в интервале обратного мартенситного перехода $A_H \rightarrow A_K$. Как следует из рисунка, полное изменение деформации за такт нагревания равно ε_{II} .

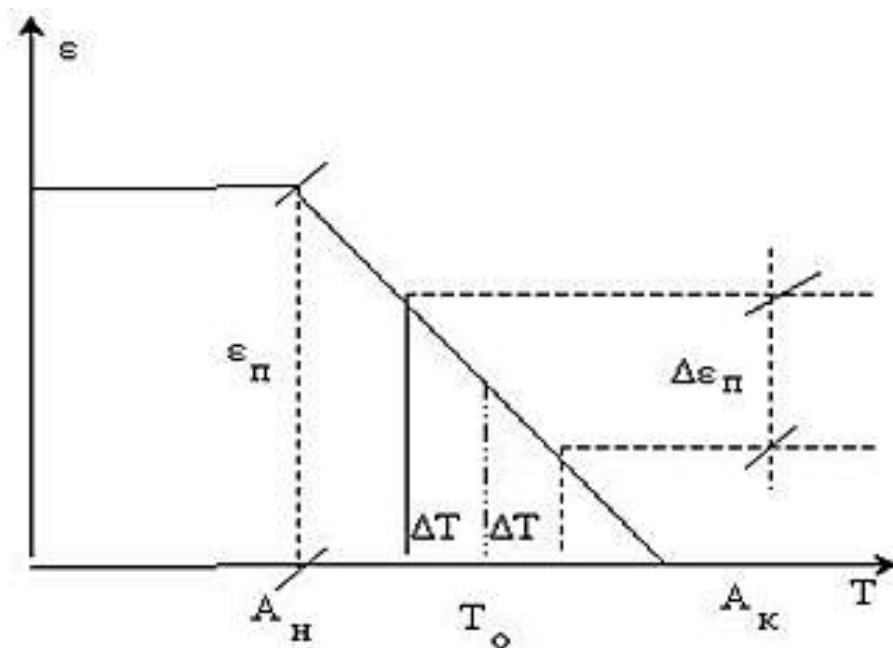


Рисунок 2 Схематическая зависимость деформации от температуры при нагревании через интервал обратного мартенситного перехода. $T_0 = (A_K + A_H)/2$.

Из схемы видно, что при нагревании в неполном интервале температур $T_0 - \Delta T \rightarrow T_0 + \Delta T$, при условии выполнения соотношения $\Delta T \leq (A_K - A_H)/2$, соответствующее изменение деформации будет равно:

$$\Delta \varepsilon_{II} = \varepsilon_{II} 2\Delta T / (A_K - A_H). \quad (4)$$

Совершаемую механическую работу ΔA определяем, аналогично (3) по формуле (5):

$$\Delta A = \sigma \Delta \varepsilon_{II} = \sigma \varepsilon_{II} 2\Delta T / (A_K - A_H). \quad (5)$$

Подведенную к телу тепловую энергию ΔQ найдем согласно (6):

$$\Delta Q = \tilde{\sigma} \varepsilon_{II} + \bar{C} 2\Delta T + q 2\Delta T / (A_K - A_H), \quad (6)$$

где ε_{II} — деформация, связанная с изотермической догрузкой материала при температуре $T_0 - \Delta T$; $\tilde{\sigma} = (\sigma_H + \sigma_O)/2$; \bar{C} — средняя теплоемкость, отнесенная к единице объема; q — эффект тепловой реакции обратного мартенситного перехода. Из (5,6) находим КПД η_I для

неполного температурного интервала:

$$\eta_I = \frac{\Delta A}{\Delta Q} = \frac{\sigma_{\varepsilon_{II}} 2\Delta T / (A_K - A_H)}{\tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}} + \bar{C}2\Delta T + q2\Delta T / (A_K - A_H)} = \frac{2\Delta T}{\tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}}(A_K - A_H) / \sigma_{\varepsilon_{II}} + 2\Delta T [\bar{C}(A_H - A_K) / \sigma_{\varepsilon_{II}} + q / \sigma_{\varepsilon_{II}}]} \quad (7)$$

При нагревании материала через полный интервал обратного мартенситного перехода $A_H - A_K$ ($\Delta T \geq (A_H - A_K)/2$) механическая работа может быть найдена согласно (3) и выражение для соответствующего КПД η_{II} принимает вид (8):

$$\eta_{II} = \frac{\sigma_{\varepsilon_{II}}}{\bar{C}2\Delta T + \tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}} + q} \quad (8)$$

Выражения (7) и (8) легко объединить в одно, используя функцию Хевисайда $H(x) = \{1, \text{при } x \geq 0; 0, \text{при } x < 0\}$:

$$\eta = \frac{2\Delta T}{\tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}}(A_K - A_H) / \sigma_{\varepsilon_{II}} + 2\Delta T [\bar{C}(A_H - A_K) / \sigma_{\varepsilon_{II}} + q / \sigma_{\varepsilon_{II}}]} H(A_K - A_H - 2\Delta T) + \frac{\sigma_{\varepsilon_{II}}}{\bar{C}2\Delta T + \tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}} + q} [1 - H(A_K - A_H - 2\Delta T)] \quad (9)$$

В соответствии с теоремами Карно, КПД любой тепловой машины, при максимальной и минимальной температурах цикла T_{\max} и T_{\min} , ограничен КПД цикла Карно $\eta_c = (T_{\max} - T_{\min}) / T_{\max}$. В нашем случае η_c запишется как:

$$\eta_c = \frac{2\Delta T}{T_{\min} + 2\Delta T} = \frac{2\Delta T}{T_0 + \Delta T} \quad (10)$$

На рисунке 2 приведены кривые зависимостей КПД для гипотетического материала теплового мартенситного цикла η (кривая 1) и соответствующего цикла Карно η_c (кривая 2) от ΔT . Из хода кривых видно, что справедливо термодинамическое неравенство $\eta < \eta_c$, следовательно, справедливо:

$$\eta_{II \max} = \frac{\sigma_{\varepsilon_{II}}}{\bar{C}2\Delta T + \tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}} + q} \leq \frac{2\Delta T}{T_{\min} + 2\Delta T} = \frac{2\Delta T}{A_H + 2\Delta T} = \frac{A_K - A_H}{A_K} \quad (11)$$

Неравенство (11) имеет универсальный смысл и может использоваться для оценки предельных значений неизвестных термодинамических параметров \bar{C} и q , на основе косвенных измерений деформаций ε_{II} и ε_M , а также характеристических температур мартенситных переходов A_K и A_H .

Термодинамическое неравенство (11) существенно упрощается и принимает вид выражения (12) при $q=0$, т.е. для мартенситного перехода второго рода:

$$\frac{\sigma_{\varepsilon_{II}}}{\bar{C}2\Delta T + \tilde{\sigma}_{\varepsilon_{II}}} \leq \frac{2\Delta T}{A_H + 2\Delta T} = \frac{A_K - A_H}{A_K} \quad (12)$$

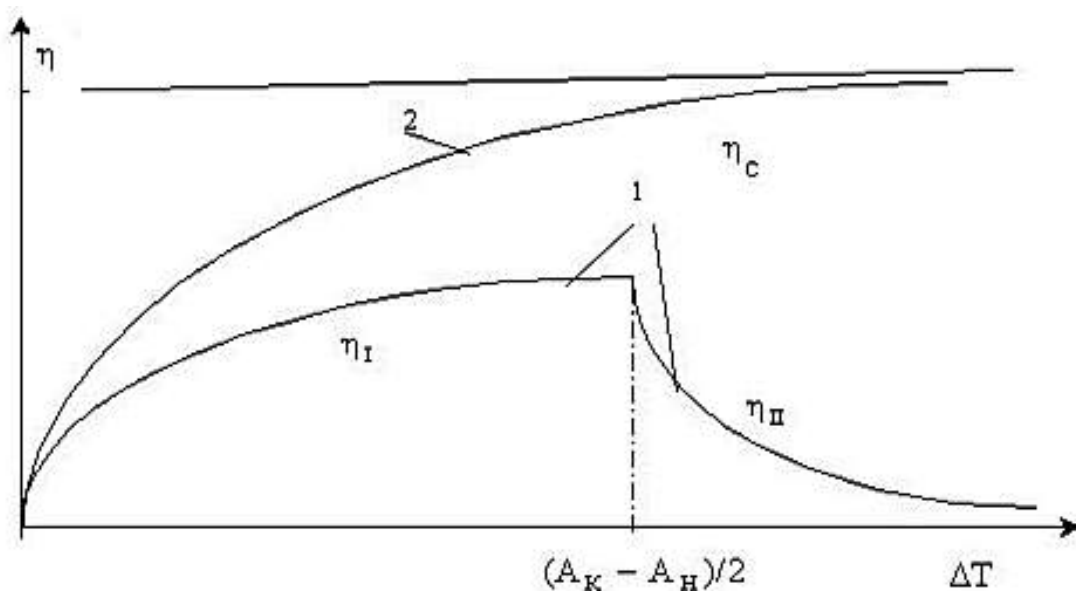


Рисунок 3. Зависимости КПД от полуширины интервала термоциклирования ΔT для гипотетического мартенситного двигателя (кривая 1) и для цикла Карно (кривая 2).

Выражения (11) и (12) позволяют находить верхнюю оценку КПД мартенситного двигателя с фазовыми переходами, соответственно, первого и второго рода. Принято считать, что в никелиде титана реализуются мартенситные переходы первого рода. Оценка верхнего значения η_C по температурам A_H и A_K показывает, что КПД для никелида титана не превышает 10-20%. На первый взгляд, данный факт кажется неутешительным, в смысле перспектив использования материалов с ЭПФ с целью преобразования тепловой энергии в механическую работу. Однако, как будет видно ниже, опасения такого рода не имеют под собой серьезной основы. Обычно тепловой циклический двигатель состоит из трех основных функциональных элементов: нагреватель; рабочее тело; холодильник. При этом КПД для МД ограничен величиной $(A_K - A_H)/A_K$. Однако, КПД мартенситного двигателя можно существенно увеличить, если использовать тепловой цикл ступенчатого действия (несколько рабочих тел). В этом случае соответствующий КПД η_0 выразится как:

$$\eta_0 = \frac{A_1}{Q_1} + \frac{A_2}{Q_1} + \dots + \frac{A_n}{Q_1}; \quad (13)$$

где $A_1, A_2; \dots A_n$ – значения механических работ соответствующих ступеней. Очевидно, для ступенчатого двигателя можно ввести промежуточные значения КПД (14):

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}; \quad \eta_i = \frac{A_i}{Q_i} = \frac{Q_i - Q_{i+1}}{Q_i}; \quad \eta_n = \frac{A_n}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_{n+1}}{Q_n}; \quad (14)$$

Q_1, Q_i, Q_n – тепловая энергия, получаемая соответствующим рабочим телом от нагревателя. Выражая из (14) Q_1, Q_2, Q_i, Q_n получаем:

$$Q_1 = \frac{Q_2}{1 - \eta_1}; \quad Q_2 = \frac{Q_3}{1 - \eta_2}; \quad Q_i = \frac{Q_{i+1}}{1 - \eta_i}; \quad Q_n = \frac{Q_{n+1}}{1 - \eta_n} \quad (15)$$

Подстановка выражения (15) в (13) дает значение η_0 :

$$\eta_0 = \eta_1 + (1 - \eta_1)\eta_2 + (1 - \eta_1)(1 - \eta_2)\eta_3 + \dots + (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \times \dots \times (1 - \eta_{n-1})\eta_n. \quad (16)$$

Если предположить, что КПД каждой ступени одинаков и равен η , то η_0 находится в виде суммы членов геометрической прогрессии (17):

$$\eta_0 = \eta[1 + (1 - \eta) + (1 - \eta)^2 + \dots + (1 - \eta)^{n-1}] = 1 - (1 - \eta)^n. \quad (17)$$

Например, при $\eta = 10\%$ пятиступенчатый двигатель будет иметь общий КПД $\eta_0 = 41\%$, десяти ступенчатый – 65% , а двадцати ступенчатый – 88% . Ступенчатый МД можно осуществить, если подбирать характеристические температуры мартенситных переходов материалов рабочих тел, при соблюдении, например, следующих условий:

$$A_{K,1} = A_{H,2}; A_{K,2} = A_{H,3}; \dots A_{K,i} = A_{H,i+1}; \dots A_{K,n} = T_{\text{хол}}, \quad (18)$$

здесь первый индекс показывает конец или начало характеристических температур, а второй индекс показывает номер рабочего тела; $T_{\text{хол}}$ – температура холодильника. Данная самостоятельная техническая задача ниже не обсуждается.

Таким образом, в работе приведены верхние оценки для КПД МД. На основе теорем Карно предложены термодинамические неравенства, позволяющие оценивать среднюю теплоемкость обратного мартенситного перехода \bar{C} , и тепловой эффект мартенситной реакции q . Предложена схема ступенчатого мартенситного двигателя, позволяющая существенно повысить КПД мартенситного двигателя.

Библиографический список:

1. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Л.: Изд. ЛГУ. 1987. 216 с.
2. Wollnts P., Donte de. M., Delaey L., Roos J.R. Thermodynamic analysis of work performance of a martensitic transformation under stressed conditions. Ztschr. Metallkunde 1979, Bd. 70. Hf. 3 p. 146-151. Hf. 5 p. 298-304.

УДК 543:257.5

Электрохимическое определение унитиола в водных растворах

Гурьянов Н.А.

Научный руководитель - Хлынова Н.М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Унитиол (дитиолпропансульфонат натрия) – дезинтоксикационное лекарственное средство [1]. Используется как антидот при отравлениях соединениями мышьяка и солями тяжелых металлов, связывание которых приводит к восстановлению функций пораженных ферментных систем организма. Входит в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов.

Молекула унитиола имеет две сульфгидрильные группы ($-SH$), способствующие образованию прочных комплексов тяжелых металлов, ионов переходных элементов и создающие эффект противоядия, а наличие сульфогруппы ($-SO_3H$) определяет водную растворимость образующихся комплексов. Вещество хорошо растворимо в воде, в этом преимущество растворов унитиола по сравнению с маслянорастворимыми антидотами [2].

Унитиол широко применяют при отравлении органическими и неорганическими соединениями тяжелых металлов и радиоактивных элементов, при интоксикации сердечными гликозидами. Весьма эффективно применение унитиола при интоксикации ртутьорганическими ядохимикатами.

Препарат применяется в виде 5%-ного водного раствора, выпускаемого в ампулах по 5 мл, и вводится с помощью парентеральных инъекций, имеются так же таблетированные препараты по 0,25 и 0,5 г, употребляемые орально [3]. После попадания во внутрь, антидот равномерно распределяется по тканям организма. Сульфгидридные группы, попавшего в ткани унитиола, образуют прочные малотоксичные комплексные соединения с металлами, далее они выводятся из организма почками. При оральном введении унитиол всасывается медленно и в незначительных количествах (до 5%), поэтому наиболее эффективно введение препарата парентерально, а именно с помощью внутривенной инъекции.

В процессе использования унитиола часто возникает необходимость контролировать его содержание в растворах. Для аналитического определения унитиола в растворах, содержащих его микроконцентрации, использовали метод инверсионной вольтамперометрии. Инверсионные методы анализа обладают высокой чувствительностью, селективностью, хорошей воспроизводимостью [4].

Серебряный электрод диаметром 2 мм был изготовлен из спектрально чистого серебра, имеющего форму цилиндрического стержня, впаянного в тефлон. Перед проведением серии измерений электрод подвергали механической полировке и тщательно промывали трижды перегнанной водой.

Поляризационные кривые электрорастворения предварительно сформированных на электроде осадков регистрировали на полярографе ПУ-1 с трехэлектродной схемой измерений. В качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения использовали насыщенный хлорсеребряный электрод. Стандартные растворы, содержащие добавки унитиола, готовили из реагентов марки ч.д.а., фоновые растворы – из реагентов марки о.с.ч; для приготовления растворов использовалась трижды перегнанная вода. Раствор в электрохимической ячейке тщательно деаэрировали аргоном марки х.ч., скорость протекания газа контролировали водяным манометром. Для перемешивания раствора и поддержания постоянных гидродинамических условий использовали магнитную мешалку.

Определение унитиола проводится путем электроконцентрирования на серебряном электроде, помещенном в индифферентный электролит, в диапазоне потенциалов от $-0,80$ до $-0,65$ В относительно потенциала насыщенного хлорсеребряного электрода, продукта взаимодействия исследуемого вещества с материалом электрода, а именно, сульфида серебра, что доказано соответствующим значением потенциала пика тока электрорастворения осадка. Предэлектролиз осуществлялся из растворов $0,01-0,10$ М NaOH, содержащих $1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-4}$ М унитиола при варьировании параметров процесса: потенциала, времени электроосаждения, pH раствора. Установлено, что малорастворимое соединение на поверхности электрода образуется при потенциалах более положительных, чем $-0,85$ В и в диапазоне $pH \geq 9,18$. Электрод, с осажденным на нем малорастворимым осадком, при линейной развертке потенциала катодно поляризуют и регистрируют катодные вольтамперограммы электрорастворения сульфида серебра, которые представляют один четкий пик тока в диапазоне потенциалов от $-1,20$ до $-1,25$ В.

Поскольку на вольтамперограммах электрорастворения осадков, образующихся на серебряном электроде в растворах, содержащих микроконцентрации унитиола, регистрируется один пик тока, можно использовать зависимость тока пика от концентрации унитиола в растворе для построения калибровочного графика. Имеется линейная зависимость количества осадка от концентрации унитиола в растворе, которая может быть использована для их аналитического определения. В результате проведенного эксперимента рекомендованы оптимальные условия электроосаждения и электрорастворения малорастворимого соединения унитиола с материалом серебряного электрода.

В работе изучено образование микроколичеств сульфида серебра в $0,1$ М растворах NaOH, содержащих $10^{-6} \div 10^{-4}$ М унитиола и катодное растворение полученных осадков при линейной развертке потенциала в растворах $0,1$ М NaOH.

Катодные поляризационные кривые электрорастворения осадка представляют собой один четкий максимум тока электрорастворения (рис.1), потенциал которого незначительно

меняется с ростом количества осадка на электроде и зависит от рН раствора.

На рис.2 приведена зависимость высоты катодного пика от концентрации унитиола в растворе 0.1 М, которая может быть использована в качестве калибровочной кривой.

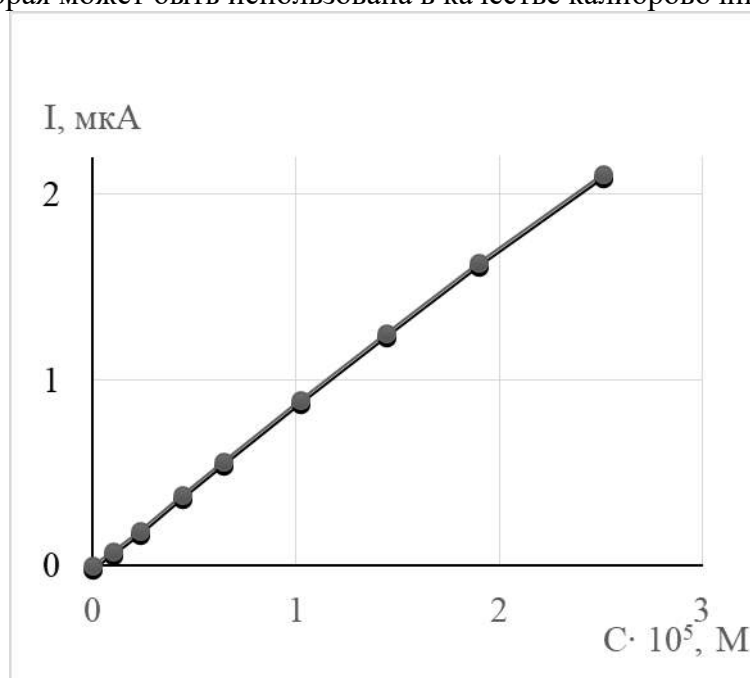


Рис. 2 Зависимость высоты катодного пика от концентрации унитиола в растворе 0.1 М растворе гидроксида натрия, $\varphi_3 = -0,80$ В; $t_3 = 10$ мин; $w = 3$ мВ/с

Проведенные исследования позволили рекомендовать условия электроосаждения и электрорастворения осадка, оптимальные для определения микроконцентраций унитиола в водных растворах. На вольтамперограммах электрорастворения осадков, образующихся на серебряном электроде в растворах, содержащих микроконцентрации унитиола, регистрируется один пик тока.

Имеется линейная зависимость количества осадка от концентрации унитиола в растворе, которая может быть использована для их аналитического определения. Рекомендованы оптимальные условия электроконцентрирования:

Индифферентный электролит - 0,01–0,10 М NaOH ($\text{pH} = 12,0 \div 13,0$).

Потенциал предварительного электролиза $\varphi_3 = -0,80 \div -0,85$ В относительно потенциала насыщенного хлорсеребряного электрода.

Продолжительность предварительного электролиза $t_3 = 3 \div 10$ мин, скорость катодной развертки потенциала $w = 3$ мВ/с.

Библиографический список:

1. Унитиол [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. 2000-2022. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Унитиол> (дата обращения: 08.03.2022).
2. Осенгендлер Г.И. – Яды и противоядия [Электронный ресурс] // chemlib.ru: информ.-справочный портал. 2001-2021. URL: <http://chemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000009/st029.shtml> (дата обращения: 10.03.2022).
3. Киров Г.В. [и др.] Отечественные ветеринарные препараты [Электронный ресурс] // academic.ru: информ.-справочный портал. 2000-2022. URL: https://domestic_veterinary_drugs.academic.ru/1074/УНИТИОЛ (дата обращения: 09.03.2022).
4. Хлынова Н.М., Чемезова К.С. Образование анодной фосфатной плёнки на серебряном электроде // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2010. №12. С.17-20.

Оценка однородности водо-битумных эмульсий

Иванова М.И., Емельянычева Е.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

В настоящее время дорожное строительство является одной из наиболее востребованных отраслей народного хозяйства. Все чаще на замену «горячим» технологиям укладки дорожного покрытия приходят более экологичные, экономически выгодные и безопасные составы – водо-битумные эмульсии (ВБЭ). Битумная эмульсия – это дисперсная система, состоящая из двух не смешивающихся между собой жидкостей, одна из которых находится в другой в диспергированном состоянии. Перевод битума в эмульгированное состояние и обеспечение снижения поверхностного натяжения на поверхности раздела фаз битум – вода осуществляется путем введения эмульгаторов и стабилизаторов [1].

Одними из важнейших характеристик ВБЭ являются однородность и дисперсность. Под дисперсностью эмульсии подразумевают степень разнородности размера частиц. Размер частиц в полидисперсной битумной эмульсии колеблется от 0,1 до 100 мкм, а в эмульсиях на твердых эмульгаторах более 100 мкм. Важной характеристикой дисперсности служит функция распределения частиц по размерам.

Дисперсность характеризует размеры частиц битума, распределенных в водной фазе эмульсии, она определяется как отношение общей поверхности всех частиц к общему, к суммарному объему. Дисперсность является важным показателем эмульсии, величина которого определяет многие свойства битумных эмульсий: характер и скорость распада, вязкость и стабильность эмульсии, количество и качество остаточного битума, а также устойчивость при хранении и перекачке [2].

Однородность и дисперсность может быть оценена с помощью таких методов как рассеяние света, микроскопия с анализом изображений, ситовой метод и седиментационный метод. Оценка однородности эмульсии, размеров и распределения по размерам ее частиц помогают устранить проблемы с вязкостью эмульсий, устойчивостью при хранении и транспортировке, а также осуществить контроль качества при приготовлении эмульсии.

Метод динамического рассеяния света основан на измерении и анализе интенсивности рассеянного света. Этот метод позволяет измерить размеры частиц от 1 нм до 1000 нм. Явление броуновского движения впервые было описано шотландским ученым Робертом Броуном. Альберт Эйнштейн в 1905 году исследовал броуновское движение и теоретически обосновал связь между броуновским движением и размером частиц. Для получения временных корреляций рассеянного излучения необходимо лазерное излучение, которое является когерентным и монохроматичным. Мерой корреляции является корреляционная функция. Хаотическое броуновское движение частиц вызывает микроскопические флуктуации их локальной концентрации. В тоже время, эти флуктуации приводят к локальным неоднородностям показателя преломления среды. При прохождении лазерного луча через такую среду часть света будет рассеяна на этих неоднородностях. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц. Информация о коэффициенте диффузии частиц содержится в зависящей от времени корреляционной функции флуктуаций интенсивности. При дальнейшей обработке автокорреляционных функций получают распределение по размерам частиц [3].

Ситовой метод является самым старым из известных методов дисперсионного анализа. Известно, что крупные частицы битумной эмульсии могут блокировать насосы и распылительные сопла технологического оборудования. Их присутствие оценивается показателем – остаток на сите по ГОСТ Р 58952.7-2020. Сущность метода заключается в процеживании эмульсии через сито с металлической сеткой №014 с последующим определением массы остатка эмульсии на данном сите. Метод позволяет дать оценку

однородности и дисперсности эмульсии и дает возможность определить частицы размером больше 0,14 мм.

Показатель рассчитывается по формуле:

$$O_{14} = \frac{M_5 - M_1}{M_3 - (M_4 - M_2)}, \quad (1)$$

где M1 – масса сита и чашки; M2 – масса стеклянного стакана; M3 – масса эмульсии; M4 – масса стеклянного стакана с остатком эмульсии; M5 – масса сита и чашки с остатком вяжущего после сушки.

Так как битумные эмульсии при хранении могут образовывать крупные частицы в связи с возникновением процессов коагуляции, а затем и седиментации битумной фазы, важно оценить их дисперсность по истечении времени. Анализ с использованием сита проводят повторно после отстаивания для проверки устойчивости при хранении по истечении 7 суток.

Седиментационный метод – традиционный метод дисперсионного анализа. Этот метод эффективен для узкого диапазона измерений дисперсности – от 2 до 15 мкм. Он позволяет определить как усредненные характеристики дисперсности, так и распределение частиц дисперсной фазы по размерам. В основе дисперсионного анализа методом седиментации лежит скорость и время осаждения частиц различного размера.

К недостаткам метода седиментации относятся:

- 1) большая длительность дисперсионного анализа. С увеличением времени анализа увеличивается возможность агломерации материала;
- 2) необходимость термостабилизации измеряемой системы, так как температура сильно влияет вязкость.

Еще одним способом оценки однородности и дисперсности эмульсий является оптическая микроскопия с анализом изображений. Качество измерений зависит от разрешающей способности микроскопа. Разрешение – минимальное расстояние между двумя точками объекта, при котором микроскоп позволяет увидеть детали изображения. Микроскопия постоянно развивается в зависимости от технических достижений в области точной механики и оптики. Изображение, получаемое микроскопом, можно регистрировать с помощью объектива камер, что позволяет переносить изображение на компьютер и обрабатывать его [4].

В работе были получены модельные битумы с содержанием парафинов 2-6% мас. на основе битума нефтяного дорожного марки БНД 90/130 производства ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез». С использованием лабораторной коллоидной мельницы получены водо-битумные эмульсии на основе данных модельных битумов и катионного поверхностно-активного вещества (ПАВ) Дорос-ЭМ. Состав водо-битумных эмульсий приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав водо-битумных эмульсий

№ образца эмульсии на основе модельного битума	Содержание парафинов в модельном битуме, %	Содержание компонентов в ВБЭ, % мас.			
		Битум	Вода	НСI	Эмульгатор
0	2,27	50	48,75	0,25	1
I	3	50	48,75	0,25	1
II	4	50	48,75	0,25	1
III	5	50	48,75	0,25	1
IV	6	50	48,75	0,25	1

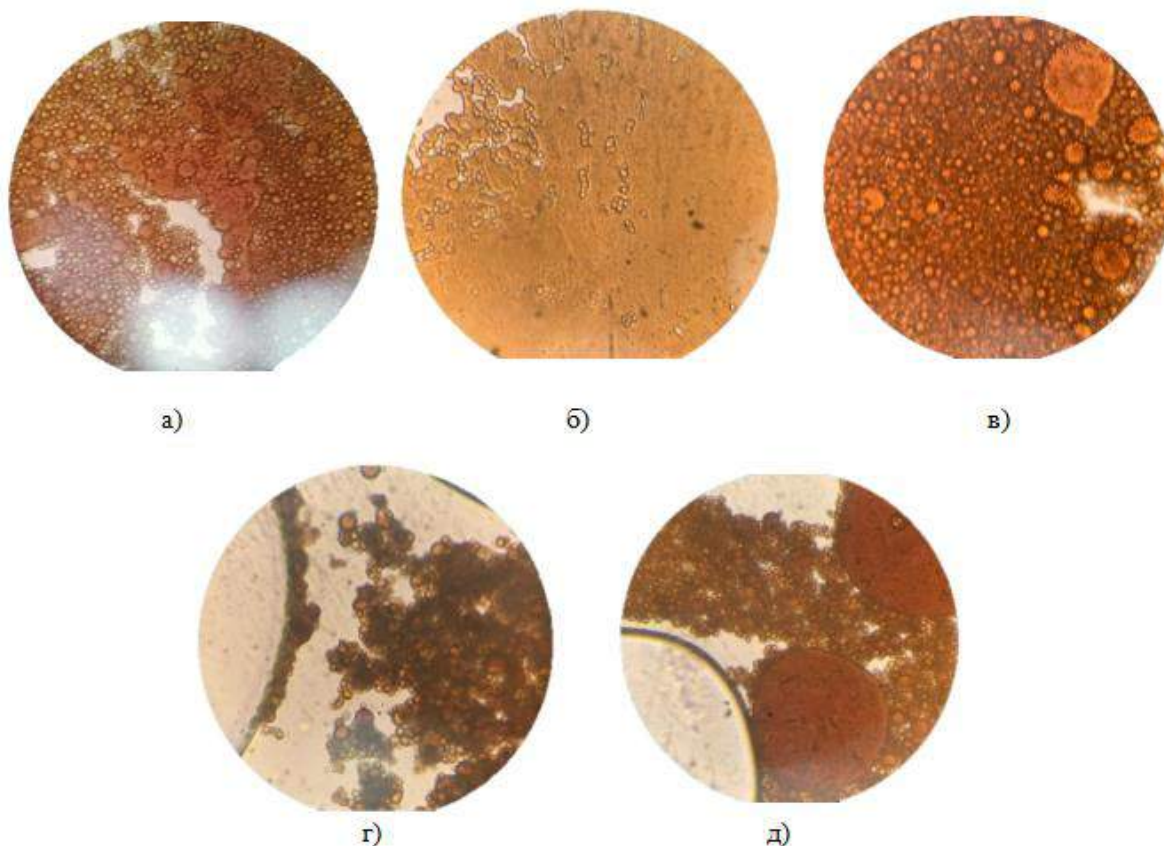
Для оценки однородности водо-битумных эмульсий в работе использовались ситовой метод и оптическая микроскопия. Показатели однородности водо-битумных эмульсий, полученные методом ситового анализа, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели однородности водо-битумных эмульсий

№ образца эмульсии на основе модельного битума	Остаток на сите, %	Расслоение в течение 7 суток, %	Остаток на сите после 7 суток, %
0	0,01	1,86	0
I ¹	0,01	1,57	0,01
II ¹	0,01	1,43	0,01
III ¹	0,03	0,86	0,01
IV ¹	0	0,43	0

Показатель «остаток на сите» характеризует однородность битумной эмульсии и позволяет оценить наличие частиц, размер которых превышает 0,14 мм. Крупные частицы в эмульсиях могут образовываться из-за нарушения технологии приготовления или недостаточной концентрации эмульгатора. Для оценки однородности эмульсии во времени также оценивают остаток на сите по истечении 7 суток. Образование крупных частиц по истечении 7 суток может приводить к коагуляции дисперсной фазы. По данным таблицы 2 показатель остаток на сите и остаток на сите по истечении 7 суток для ВБЭ не зависит от содержания парафинов в эмульгируемом битуме: оно почти не изменяется и колеблется в пределах 0-0,03%. Значение соответствует стандарту, не превышая 0,03 %.

Также в работе с использованием микроскопа тринокулярного Микромед 3 Professional были получены микрофотографии образцов водо-битумных эмульсий при 60-ти кратном увеличении. Микрофотографии приведены на рисунке 1.



а) 2,27 %; б) 3 %; в) 4 %; г) 5 %; д) 6 %

Рисунок 1 – Микрофотографии ВБЭ на основе битума, с содержанием парафинов:

Микрофотографии позволяют оценить однородность водо-битумных эмульсий. Эмульсии, приготовленные на основе нефтяных битумов с содержанием 5 % парафинов и выше являются грубодисперсными и неоднородными, а однородные эмульсии могут быть получены на основе нефтяных битумов с содержанием парафинов до 4 %.

Библиографический список:

1. Битумные эмульсии особенности состава и применение / В.А. Будник, Н.Г. Евдокимова, Б.С. Жирнов // Нефтегазовое дело. – 2006. – 12 с.
2. Карпеко Ф.В. Регулирование свойств катионных битумных эмульсий: автореферат дисс. / Ф.В. Карпеко // М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. – 1998. – 20 с.
3. Определение размеров коллоидных частиц при помощи метода динамического рассеяния света / К.Г. Куликов, Т.В. Кошлан // Журнал технической физики. – 2015. – №12 (85). – С. 26-32.
4. Исследование гранулометрического состава эмульсий с помощью оптического микроскопа и методом автоматизированного распознавания объектов на цифровой фотографии / В.В. Алексеенко, Д.В. Воронов, М.Д. Каташевцев, А.Н. Пахомовский // Вестник ИрГТУ. – 2015. – №2 (97). – С. 99-104.

УДК 535.834

Применение физических законов в прецизионных оптических приборах

Калинина Т.В.

Научные руководители - Шамбулина В.Н., Ильясов В.Х.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Согласно современным теоретическим представлениям, физическая природа света представляет собой довольно сложное явление, диалектически сочетающее в себе противоречивые корпускулярные и волновые свойства.

Для точных измерений длин, углов и радиусов используются для абсолютных и относительных измерений бесконтактным методом оптические измерительные приборы. Эти приборы основаны на оптических схемах. В геодезии наиболее распространенными оптическими измерительными приборами являются теодолиты, нивелиры и тахеометры.

Основными целями геодезии являются изучение движения земной коры, определение внешнего гравитационного поля Земли, изучение внутреннего строения Земли и геодезическое изучение и составление карт небесных тел. Форму Земли на основе физической концепции впервые определил Ньютон. Он установил связь геометрического и физического в геодезии на основе закона всемирного тяготения.

В середине XVIII французский математик и астроном А. Клеро вывел математическое выражение, которое получило его имя. Из закона Клеро следует, что, ускорение свободного падения на любой широте Земли прямо пропорционально ускорению свободного падения на экваторе и квадрату синуса угла широты места:

$$g_{\varphi} = g_e (1 + 0,0035 \sin^2 \varphi).$$

Таким образом, стало возможным определять геометрию Земли по физическим данным и наоборот, физические величины – по геометрическим параметрам.

Поскольку в некоторых геодезических приборах используется лазерный луч, есть необходимость дать понятие о лазерах.

Наиболее простая опорная линия задается сколлимированным пучком излучения лазера. Влияние оптической системы на когерентный лазерный луч зависит как от ее свойств, так и от свойств самого луча. И как известно, коллимация — это тонкий параллельно идущий поток излучения, получаемый при помощи щелей, через которые он проходит.

Работа лазера основана на использовании энергии атомов и молекул, которые образуют

микросистемы ядер и электронов, поведение которых подчиняется законам квантовой механики. Лазеры основаны на явлении усиления электромагнитных колебаний за счет стимулированного излучения атомов и молекул.

Только идеальная среда может рассеивать свет по прямой линии, поэтому современные высокоточные оптоэлектронные устройства должны учитывать рефракцию для обеспечения высокой точности. Рефракция - это отклонение луча от прямой линии. В атмосфере лучи света преломляются при переходе от одной неоднородности к другой. Преломляющие свойства неоднородностей не имеют четких границ и изменяются лишь в небольших пределах.

При работе с традиционными углоизмерительными приборами наблюдателем наведение на визирные цели осуществляется визуально. Влияние быстропротекающих атмосферных процессов усредняется. Размытость и колебания изображения визирной цели возникают из-за флуктуации показателя преломления. Искажения, имеющие более длительный период, вносят систематические ошибки в результаты измерений.

При использовании электронных тахеометров и цифровых теодолитов результаты измерений записываются автоматически. Это приводит к повышению производительности. Однако много времени уходит на ручные операции (поиск и установка целей). Электронные тахеометры с автоматической установкой цели также отнимают много времени из-за быстрых изменений показателя преломления атмосферы. Поэтому каждое угловое измерение содержит не только инструментальные ошибки измерения, но и ошибки, вызванные быстрыми и медленными атмосферными процессами, которые не компенсируются временем измерения.

Рассмотрим такой измерительный прибор, например, тахеометр (рис. 1). Этот прибор используется для выполнения тахеометрических измерений и последующего построения карты местности.

Принцип действия тахеометра основан на физическом законе отражения, в данном случае от зеркал. Здесь лазерный луч тахеометра проходит через прозрачную плоскопараллельную пластину 1, расположенную под определенным углом по отношению к оптической оси прибора, прежде чем попасть на зеркало 4. После отражения от него луч попадает в фокусирующую трубку (2, 5, 6). Когда он проходит через трубку, он фокусируется в точку, попадающую на торцевую поверхность оптического волокна 7. Затем лазерный луч отражается от зеркал и возвращается в объектив прибора.

Для обозначения конкретной цели и высокоточных измерений в качестве цели применяется отражатель.

Система "тахеометр-отражатель" (рис. 2) может быть использована для определения времени, которое требуется лазерному лучу, чтобы достичь отражателя от прибора и вернуться к отражателю. Электромагнитное излучение, распространяющееся через среду с постоянной скоростью, позволяет определить расстояние до цели.

Наиболее распространенная конструкция отражателя - трипель - призма, встроенная в корпус.

Давайте рассмотрим две основные характеристики отражателей. Во-первых, это тип отражателя и его геометрия. Это может быть отражатель 360° (рис. 3а). Он отражает сигналы во всех направлениях. Также используется классическая круглая призма (рис. 3б), которую необходимо повернуть в сторону прибора. Второй характеристикой является постоянная призмы.

В дополнение к призме отражатель может быть оснащен специальной меткой (рис. 3с) для облегчения прицеливания. Отражатель может быть оснащен светодиодной лампой для использования в сумерках или в плохо освещенных местах.

Такие факторы, как скорость распространения света в среде и положение призмы в корпусе отражателя, учитываются в так называемой постоянной поправке (константе) отражателя. Она рассчитывается исходя из геометрических размеров призмы, типа стекла и положения вертикальной оси отражателя по отношению к креплению.

Длины оптических путей всех световых пучков, перпендикулярных корпусу призмы, складываются до:

$$W=nd,$$

где W - расстояние от передней грани призмы до теоретического центра вращения; d -

расстояние от передней грани призмы до вершины тройной призмы; n - коэффициент преломления тела призмы.

Сигналы с разными длинами волн по-разному распространяются в стеклянной среде, поэтому постоянная призмы зависит от длины волны распространяющегося сигнала. В начале измерения расстояния прибор испускает лазерный луч. Во время измерения расстояния на этот луч влияет окружающая среда. Измерение расстояния сильно зависит от количества энергии, излучаемой лазерным источником. Существует несколько факторов, которые влияют на излучаемый лазерный луч. Атмосфера - самый важный фактор. Передача инфракрасных (видимых) сигналов снижается из-за поглощения энергии пылью, каплями воды и молекулами воздуха. Кроме того, направление луча должно быть точно откалибровано. Это минимизирует оставшийся угол расхождения. После генерирования сигнала он проходит через атмосферу в течение определенного времени достигает поверхности призмы и отражается обратно на прибор. Расхождение между входящим и выходящим лучом оказывает решающее влияние на диапазон измерений. В зависимости от угла отклонения отраженный сигнал меняет свое направление.

Измерение расстояния основано на обнаружении разности фаз (или времени прохождения) между входящим и исходящим сигналами. Геодезические отражатели обычно имеют отклонение луча в несколько угловых секунд. Проверка отклонения луча ниже или выше пороговых значений выполняется после его монтажа.

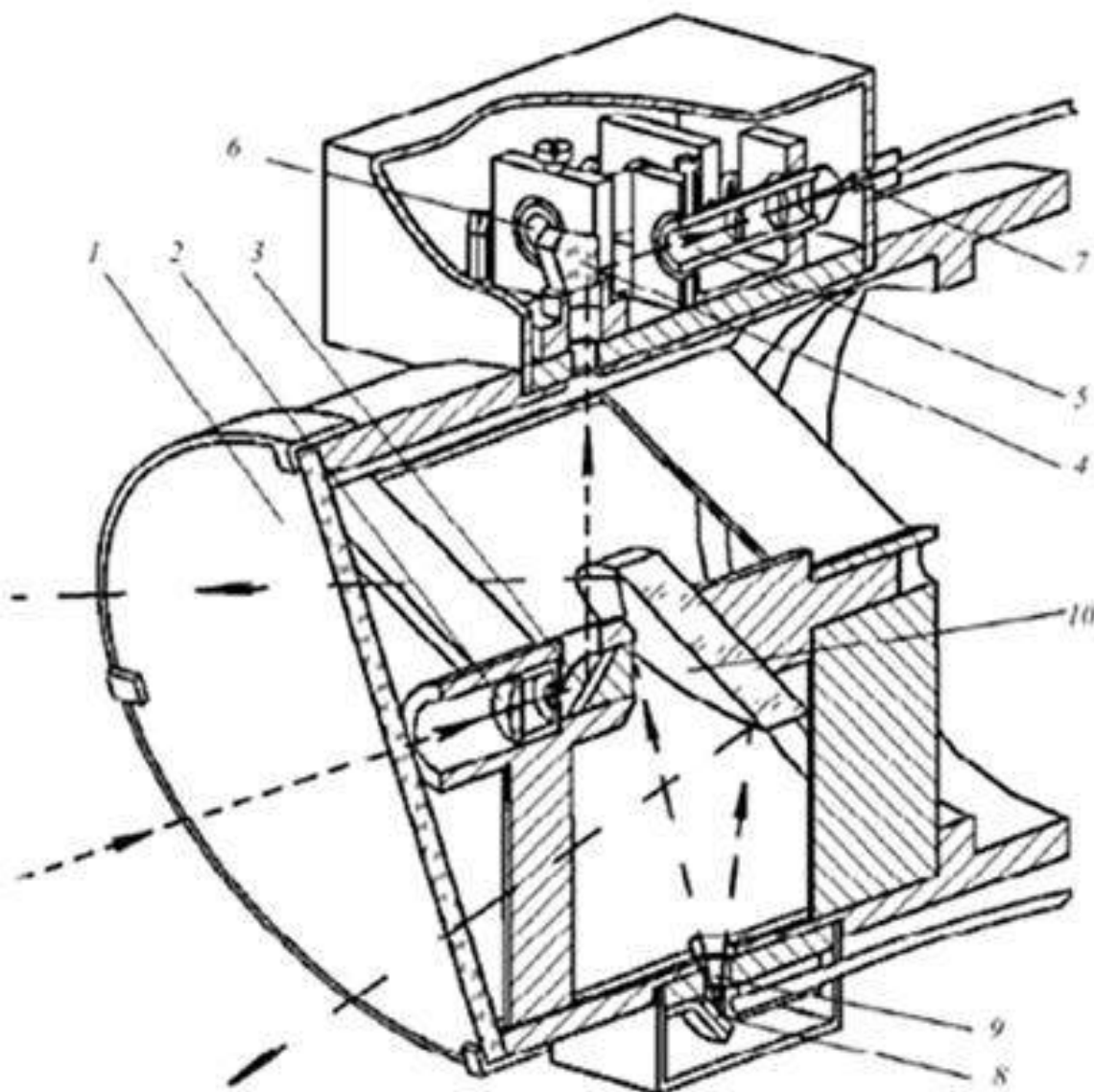


Рисунок 1

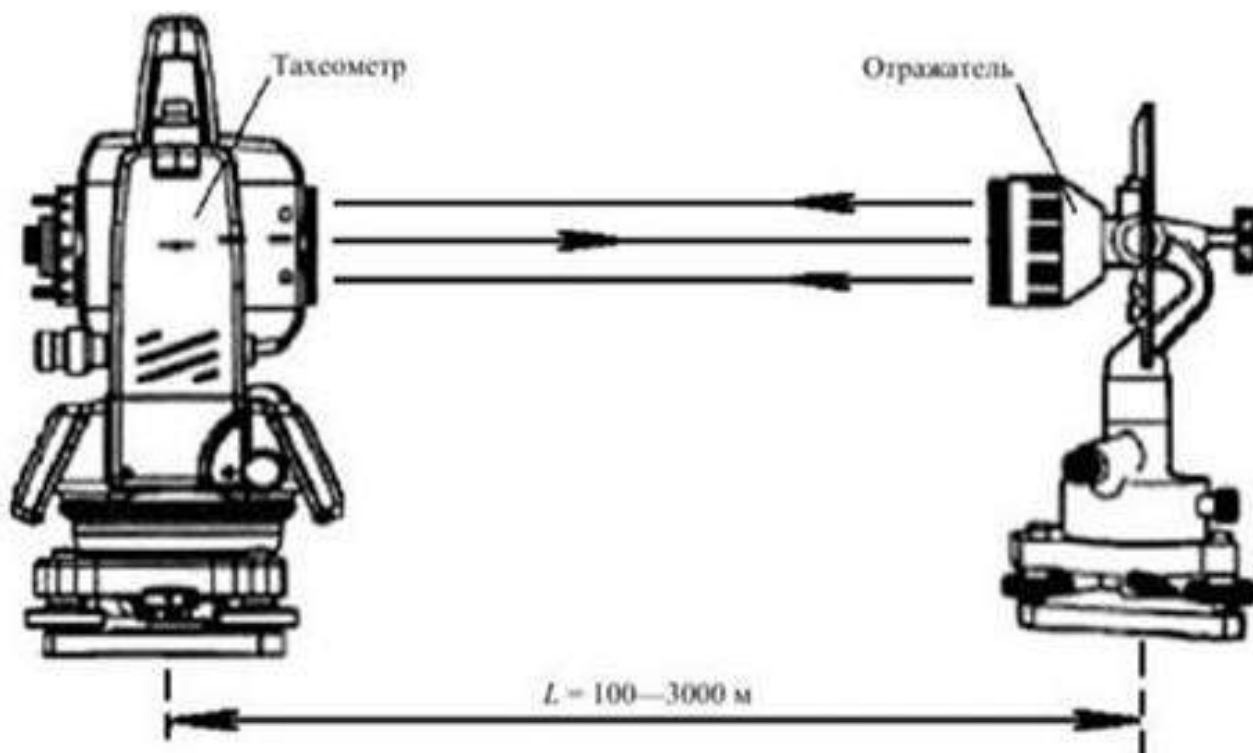


Рисунок 2



Рисунок 3

При измерении расстояний с помощью дальномера большая часть сигнала проходит через корпус призмы, отражаясь от внутренних поверхностей. Однако небольшой процент сигнала, излучаемого измерителем, будет отражаться от передней поверхности призмы (обычно около 4%).

На рисунке 4 показаны следы электромагнитных волн, отраженных от внутренних боковых граней призмы (луч 1, около 4%), от передней поверхности призмы (луч 2, около 2%) и от внутренней задней поверхности призмы (луч 3, около 3%).

При измерении коротких расстояний этот эффект оказывает значительное влияние. Чтобы избежать этого эффекта, передняя поверхность призмы покрыта специальным антибликовым слоем. Для улучшения характеристик часто используются отражающие и антиотражающие (антибликовые) покрытия. Высококачественные призмы имеют серебряное или медное покрытие на обратной стороне для увеличения интенсивности отраженного сигнала и увеличения дальности действия.

Оптические устройства способны концентрировать и рассеивать практически любое излучение в спектральном диапазоне. Если обратиться к самой общей статистике, то

существуют тысячи электронных тахеометров, сотни комплектов GPS, десятки цифровых нивелиров и множество лазерных сканеров. Оптические приборы помогают увидеть то, что глаз человека не в состоянии рассмотреть ни при каких усилиях.

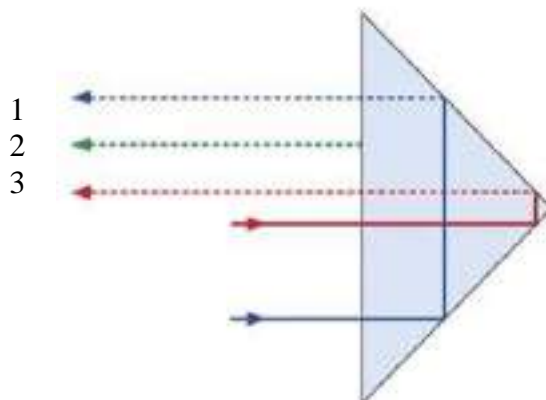


Рисунок 4

Библиографический список:

1. Дементьев, И.С. Современная геодезическая техника и ее применение / В.Е. Дементьев. - М.: Академический проект, 2008.
2. Игнатов, А.Н., Оптоэлектронные приборы и устройства // Эко-Трендз, Москва, 2006.
3. https://ozlib.com/1056205/geografiya/fizicheskie_osnovy_printsipy_deystviya_geodezicheskikh_instrumentov

УДК 530.134

Математическое моделирование вязкости Ярегской нефти

Корсаков К.А.

Средняя образовательная школа № 15, г. Ухта, Россия

В силу своих специфических характеристик – высокой вязкости в пластовых условиях, наличия многочисленных нарушений и трещин, незначительной пластовой энергии и мощного водоносного горизонта в основании залежи – запасы Ярегского месторождения относятся к категории трудноизвлекаемых [1]. Ниже (таблица 1), представлена экспериментальная зависимость вязкости Ярегской нефти от температуры [1]. Для адекватного описания данного свойства, с целью практического использования её термошахтной добычи и транспортировки по нефтепроводу, неплохо иметь качественную математическую модель зависимости вязкости от температуры.

Таблица 1 - Экспериментальная зависимость вязкости Ярегской нефти от температуры

Температура, С ⁰	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100
Вязкость, Па*с	16,08	10,06	5,374	3,420	1,38	0,633	0,317	0,182	0,105	0,072	0,029

Воспользуемся методом среднеквадратичного отклонения. Для этого используем одномерную модель чёрного ящика. На вход X подаём температуру, из выхода Y получаем вязкость нефти. Строим график (рис. 1) зависимости вязкости Ярегской нефти от температуры по экспериментальным точкам.

Предполагаем обратную зависимость.

$$Y = \frac{k}{A_0 + A_1 X}, \quad (1)$$

где Y – вязкость, Па·с; X – абсолютная температура, К.

Вводим замену: $W = \frac{1}{Y}$, где W – текучесть нефти, тогда:

$$W = \frac{A_0 + A_1 X}{k} = \alpha_0 + \alpha_1 X. \quad (2)$$

Получаем одномерную линейную регрессионную модель.

Для каждой из снятых экспериментальных точек находим ошибку:

$$\Delta W_i = W_{i\text{э}} - \alpha_0 - \alpha_1 X_i. \quad (3)$$

Находим квадрат ошибки:

$$(\Delta W_i)^2 = (W_{i\text{э}} - \alpha_0 - \alpha_1 X_i)^2 \quad (4)$$

Находим сумму квадратов ошибок:

$$F(\alpha_0, \alpha_1) = \sum_1^{11} (\Delta W_i)^2 = \sum_1^{11} (W_{i\text{э}} - \alpha_0 - \alpha_1 X_i)^2 \quad (5)$$

Для использования метода наименьших квадратов, находим частные производные по α и приравняем их нулю.

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha_0} = -2 \sum_1^{11} (W_{i\text{э}} - \alpha_0 - \alpha_1 X_i) = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha_1} = -2 \sum_1^{11} (W_{i\text{э}} - \alpha_0 - \alpha_1 X_i) X_i = 0. \quad (7)$$

Отсюда:

$$\sum_1^{11} \alpha_0 + \sum_1^{11} \alpha_1 X_i = \sum_1^{11} W_{i\text{э}} \quad (8)$$

$$\sum_1^{11} \alpha_0 X_i + \sum_1^{11} \alpha_1 X_i^2 = \sum_1^{11} W_{i\text{э}} X_i \quad (9)$$

Составляем матрицу для определения по правилу Крамера коэффициентов

$$\begin{pmatrix} n & \sum_1^{11} X_i \\ \sum_1^{11} X_i & \sum_1^{11} (X_i)^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_1^{11} W_{i\text{э}} \\ \sum_1^{11} W_{i\text{э}} X_i \end{pmatrix} \quad (10)$$

Из неё:

$$\alpha_0 = \frac{\sum_1^{11} W_{i\text{э}} \sum_1^{11} (X_i)^2 - \sum_1^{11} W_{i\text{э}} X_i \sum_1^{11} X_i}{11 \sum_1^{11} (X_i)^2 - (\sum_1^{11} X_i)^2} \quad (11)$$

$$\alpha_1 = \frac{n \sum_1^{11} W_{i\text{э}} X_i - \sum_1^{11} X_i \sum_1^{11} W_{i\text{э}}}{11 \sum_1^{11} (X_i)^2 - (\sum_1^{11} X_i)^2}. \quad (12)$$

Рассчитаем коэффициенты:

$$\alpha_0 = \frac{69,49 \cdot 1112549 - 24779,2 \cdot 3483}{11 \cdot 1112549 - 12131289},$$

$$\alpha_0 = -84,26$$

$$\alpha_1 = \frac{11 \cdot 24779,2 - 3483 \cdot 69,49}{106750}$$

$$\alpha_1 = 0,286$$

Записываем полученное теоретическое уравнение:

$$W = -84,26 + 0,286X \quad (13)$$

Рассчитываем из полученной зависимости теоретические значения текучести и сравниваем их с экспериментальными, определяя погрешность и её квадрат. Расчеты записываем в таблицу 2.

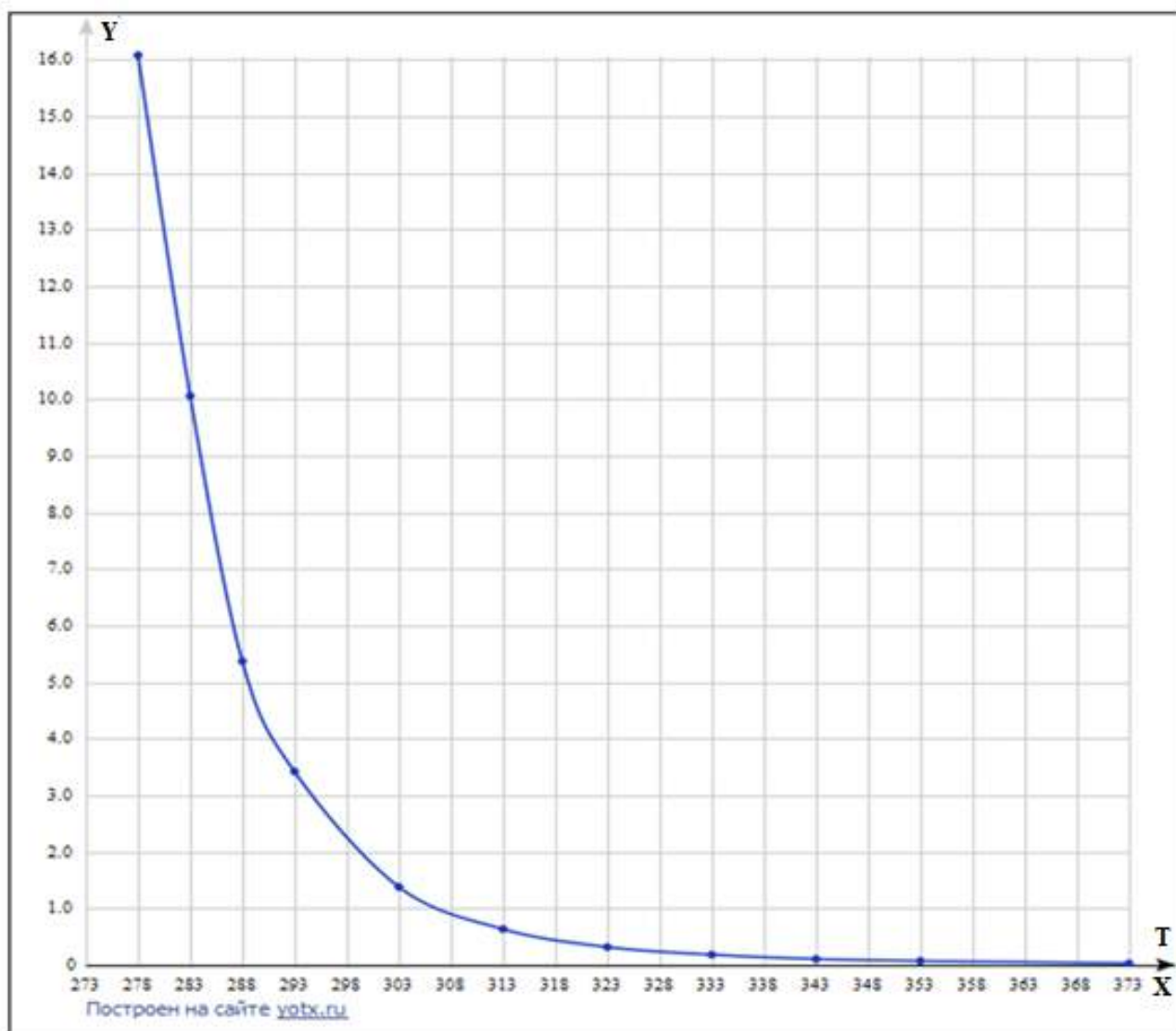


Рисунок 1 – График зависимости вязкости нефти от абсолютной температуры

Таблица 2 – Сравнение текучести экспериментальной с теоретически полученной.

$W_{iэ}$	0,062	0,099	0,186	0,292	0,725	1,580	3,155	5,495	9,524	13,88	34,48
$W_{iт}$	-4,752	-3,322	-1,892	-0,462	2,398	5,258	8,118	10,97	13,83	16,69	22,41
ΔW	4,814	3,421	2,078	0,754	-1,673	-3,678	-4,963	-5,483	-4,314	-2,809	12,06
ΔW^2	23,17	11,70	4,32	0,57	2,80	13,53	24,63	30,06	18,61	7,89	145,5

Находим среднее квадратичное отклонение σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{F}{11}} = \sqrt{\frac{282,84}{11}} = 5,07,$$

и ширину интервала s :

$$s = \frac{\sigma}{\cos(\arctg 0,286)} = 5,28.$$

При сравнении теоретических значений с экспериментальными, так как в область интервала s попадает 9 теоретических значений из 11 (вероятность $68,26\% < 82\% < 95,44\%$) приходим к выводу о правильном выборе гипотезы об обратной зависимости вязкости от температуры с точки зрения математики. Но, изобразив полученную зависимость графически

(рис. 2) мы видим, что при температурах ниже 295 К, вязкость становится отрицательной, чего не может быть с точки зрения физики.

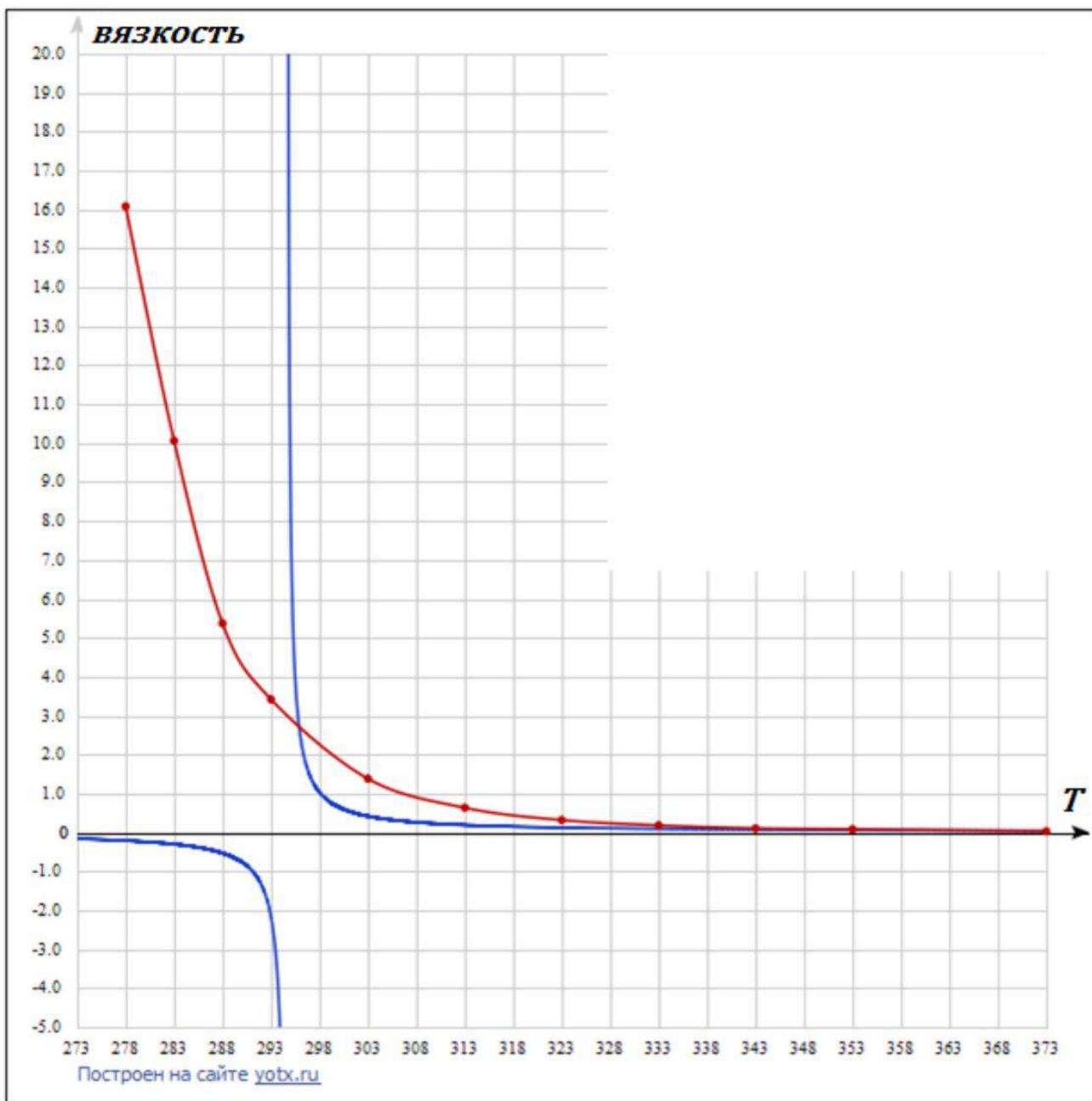


Рисунок 2 – Красным показан экспериментальный график зависимости вязкости нефти от абсолютной температуры, синим полученный на основе математической модели

Рассмотрение графика, построенного для вязкости на основе полученной математической модели с экспериментальным графиком, убедительно показывает, что полученная математическая модель не может быть принята за основу.

Попытка, получить экспоненциальный характер зависимости вязкости Ярегской нефти от абсолютной температуры, тоже оказалась неудачной. Наконец, выбор гипотезы об степенной зависимости вязкости от температуры, представленный графически на рис.3 оказался удачным, и может использоваться в указанном интервале температур, для практических нужд.

$$Y = A_0 X^{A_1} \tag{14}$$

$$Y = 9,86 \cdot 10^{47} \cdot X^{-19,25} \tag{15}$$

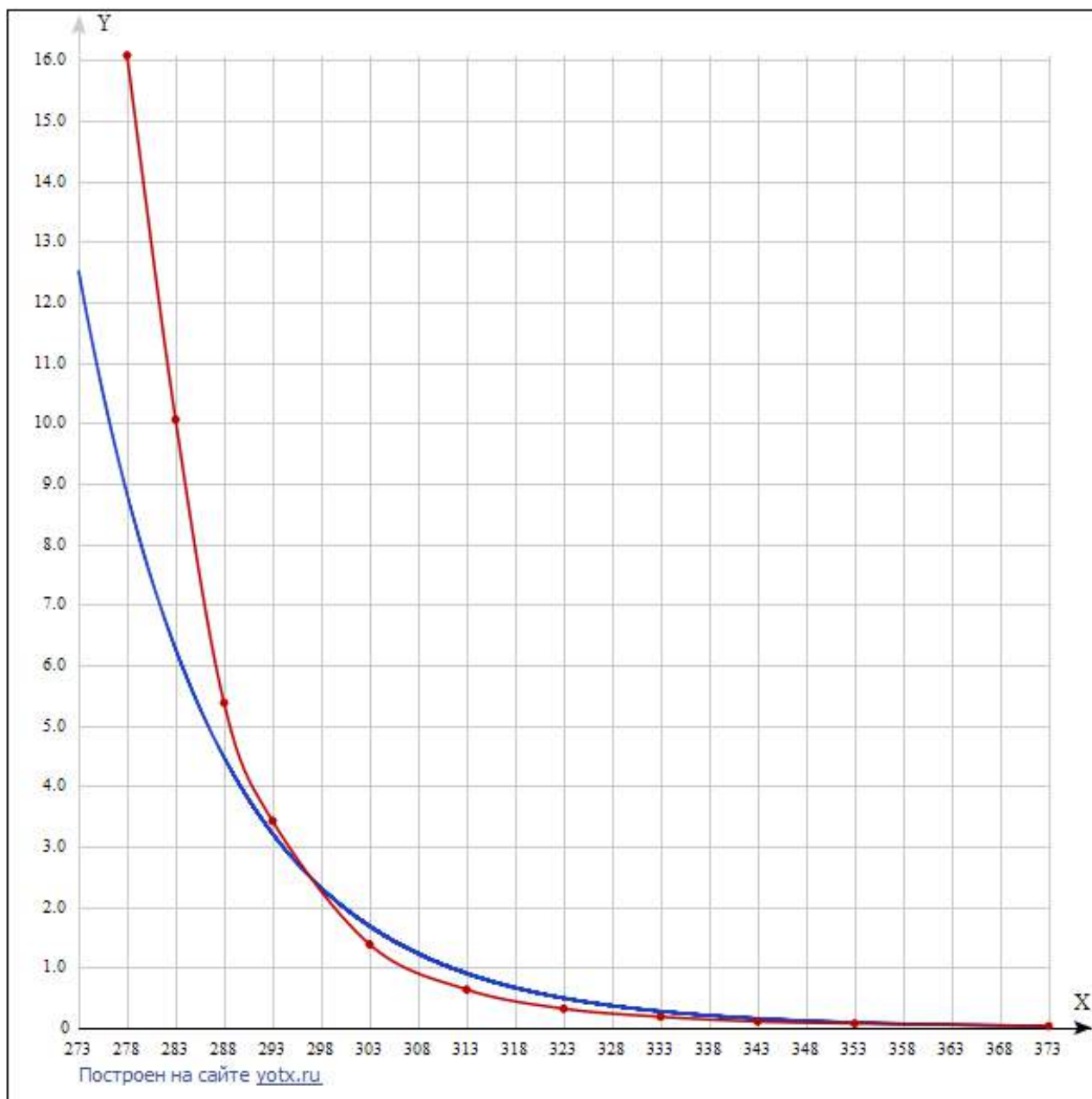


Рисунок 3 – Красным показан экспериментальный график зависимости вязкости нефти от абсолютной температуры, синим полученный на основе степенной математической модели

Сравнивая теоретическую кривую с экспериментальной, так как в область интервала s попадает 9 теоретических точек из 11 (вероятность $68,26\% < 82\% < 95,44\%$) приходим к выводу о правильном выборе математической модели.

Библиографический список:

1. Коноплёв Ю. Н., Буслаев Е. Ф., Ягубов З. Х., Цхадая Н.Д. Термошахтная разработка нефтяных месторождений / Под ред. д-ра техн. наук Н. Д. Цхадая. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 208 с.: ил.

Диаманитная левитация

Орлова О.Ф., Ларионов Т.Д.

Научный руководитель – Шамбулина В.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Как говорит нам греческий словарь, левитация – это легкость. Зависание какого-либо тела (объекта) в воздухе, без механической опоры или подвеса. Существует несколько видов левитации, магнитная, диаманитная и сверхпроводящая.

Магнитная левитация – это такая технология (метод), подъема объекта за счет только магнитного поля. Теорема Ирншоу утверждает, что, используя только ферромагнетики, невозможно устойчиво удерживать объект в гравитационном поле. Несмотря на это, с помощью, диаманитиков, сверхпроводников и систем с вихревыми токами левитация возможна.

Диаманитная левитация – это вытеснение магнитного поля из материала, предмета или объекта. В результате этого эффекта материал, предмет или объект, в том числе и живой организм, начинает парить над источником магнитного поля.

Сверхпроводящая левитация (эффект Мейснера) - это полное вытеснение магнитного поля из объема проводника при переходе в сверхпроводящее состояние.

Магнит - это тело, обладающее собственным магнитным полем. Самым простым и маленьким магнитом можно считать электрон. Магнитные свойства всех других магнитов обусловлены магнитными моментами электронов внутри них.

Согласно гипотезе французского ученого Ампера, внутри материи существуют элементарные электрические токи (токи Ампера), которые образуются за счет движения электронов вокруг атомных ядер и вокруг собственной оси (Рис.1)

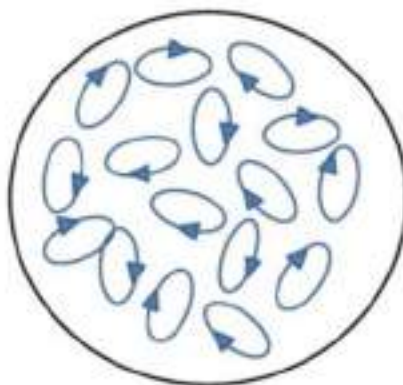


Рисунок 1

При движении электронов возникает элементарные магнитные поля. При внесении куска железа во внешнее магнитное поле все элементарные магнитные поля в этом железе ориентируются одинаково во внешнем магнитном поле, образуя собственное магнитное поле. Так кусок железа становится магнитом.

Намагниченность (вектор намагничивания) — векторная физическая величина, характеризующая магнитное состояние макроскопического физического тела.

Обозначается обычно буквой \vec{J} . Определяется как магнитный момент единицы объема вещества:

$$\vec{J} = \frac{1}{\Delta V} * \sum_{i=1}^n \vec{P}_{mi}$$

\vec{P}_{mi} — магнитный дипольный момент i -го отдельного атома. В системе СИ измеряется в А/м (амперах на метр).



Рисунок 2

Парамагнетики – это вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении внешнего магнитного поля \vec{J} и \vec{H} обладают положительной магнитной восприимчивостью, но значительно меньшей единицы. Парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам (рис. 2а).

Ферромагнетики – это вещества со спонтанной намагниченностью, то есть они намагничиваются даже при отсутствии внешнего магнитного поля (рис.2б). Из графика (рис.3) видно, что, в отличие от диамagnetиков и парамагнетиков, в которых намагниченность \vec{J} линейно возрастает с увеличением напряженности внешнего магнитного поля \vec{H} , у ферромагнетиков зависимость $J(H)$ имеет сложный вид. При больших полях \vec{H}

намагниченность достигает максимального значения $J \sim 10^6$ А/м, называемого магнитным насыщением. Ферромагнетики – это железо, кобальт, никель.

Диамгнетики – это вещества, намагниченные против направления внешнего магнитного поля (рис. 2в). При отсутствии внешнего магнитного поля диамagnиты являются немагнитными, так как магнитные моменты всех электронов атома взаимно компенсируются. Под воздействием внешнего магнитного поля каждый атом диамagnetика приобретает магнитный момент, пропорциональный магнитному полю \vec{H} и направленный в поле. Следовательно, магнитная восприимчивость диамagnetиков всегда отрицательна ($\mu < 1$) (рис. 3).

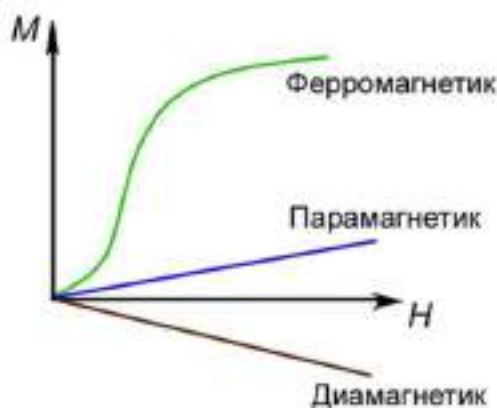


Рисунок 3

Впервые диамagnetный эффект был описан физиком С. Дж. Бергманом. Произошло это в 1778 году. Физик положил в бумажный кораблик кусочек сурьмы и подвел к нему постоянный магнит. В результате кораблик поплыл от магнита, а не к нему. Ученый озадачился тем, что сурьма, которая является плохим проводником, проявила свойства магнита с противоположным значением. В то время сам эксперимент и такое свойство сурьмы не было признано научным миром.

Классические диамagnetики, включая благородные газы, некоторые металлы и разнообразные органические соединения, характеризуются магнитной восприимчивостью с

нормальным малым абсолютным значением от 10^{-5} до 10^{-6} и отсутствием взаимосвязи с температурой.

К аномальным диамагнетическим веществам относят графит, висмут, сурьму и другие элементы, аномальная магнитная восприимчивость которых в десятки и даже сотни раз превышает аналогичные показатели классических диамагнетиков, а в некоторых случаях представляет собой периодическую функцию напряженности поля. Также на магнитные свойства этих материалов оказывает сильное влияние температура.

Сверхпроводниками называют разнообразные чистые металлы, которые при определенной температуре приобретают сверхпроводящие свойства, то есть полностью утрачивают электрическое сопротивление. Макроскопические поверхностные токи материалов обуславливают их диамагнетические свойства.

При внесении диамагнитного вещества в магнитное поле его атомы приобретают наведенные магнитные моменты (Рис. 4).

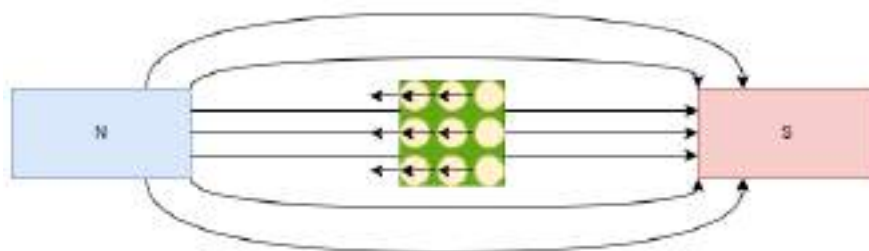


Рисунок 4

В пределах малого объема ΔV изотропного диамагнетика наведенные магнитные моменты всех атомов одинаковы и направлены противоположно вектору магнитной индукции.

Диамагнитная левитация – это полное вытеснение магнитного поля из материала, предмета или объекта. В результате этого эффекта материал, предмет или объект, в том числе и живой организм, начинает парить над источником магнитного поля.

Принцип работы электромагнитной левитации подразумевает создание кратковременного воздействия электромагнитного поля на металлический объект.

Пример: Катушка его подталкивает, после чего отключается, и предмет начинает падать вниз. Катушка снова создает электромагнитное поле, поднимающее объект, и он взлетает. (Рис. 5.)



Рисунок 5

Сверхпроводниковая магнитная левитация достигается по принципу Мейснера.

Данный эффект достигается с помощью размещения магнита над сверхпроводником. В качестве его применяют иттрия–бария–меди. Это вещество приобретает способность сверхпроводника из-за снижения его температуры. Чтобы этого достичь, необходимо обеспечить его контакт с жидким азотом.

Вихретоковая левитация заключается в использовании вихревых токов и массивных проводников. Катушка, образующая вихревой ток может левитировать над замкнутым кольцом из цветного металла.

Собственное исследование:

Уравновесили на коромысле бумажные пакетики с медным купоросом и поваренной солью (Рис.6). Поваренная соль слабо отталкивается от магнита, а это означает что она сама слабо намагнитилась во внешнем магнитном поле противоположно этому полю. Медный купорос столь же слабо притягивается к магниту и значит он слабо намагничивается по полю. Вещества которые выталкиваются из области более сильного магнитного поля называются диамагнетики, а вещества которые втягиваются в область сильного магнитного поля называются парамагнетики.

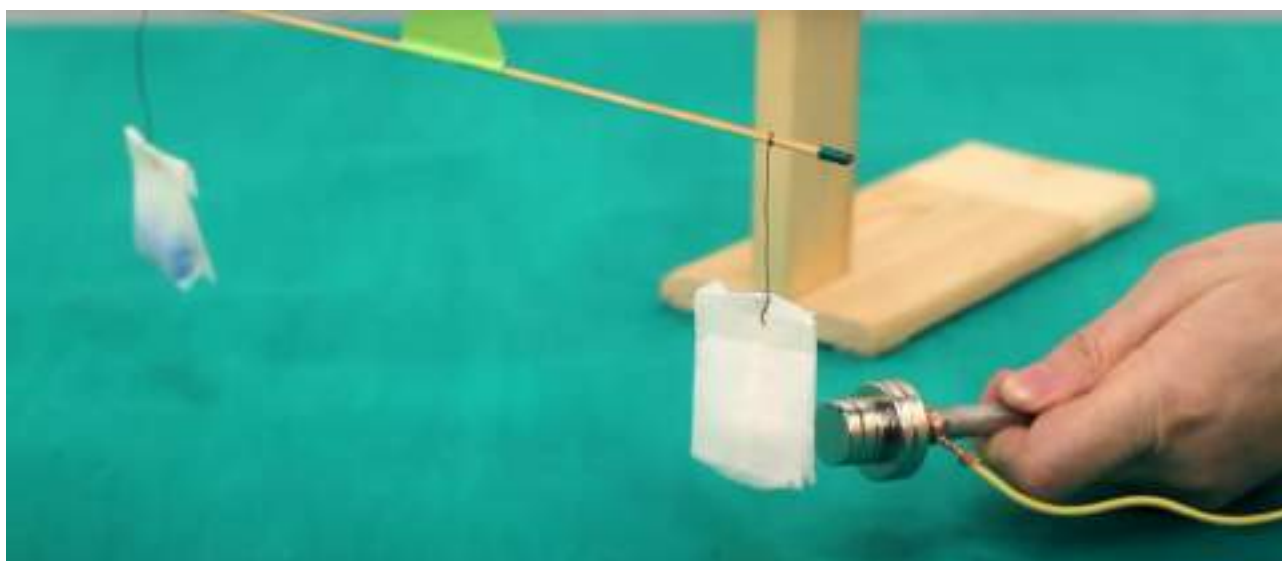


Рисунок 6 – Собственное исследование

Подводя итоги, делаем вывод, что диамагнетизм интересное свойство практически всех веществ на нашей планете. Как таковой этот эффект не получил распространение для повседневного использования человеком. Его применяют при проведении сложных опытов и в различных электронных устройствах.

Библиографический список:

1. Дик Ю.А.,Генденштейн Л.Э. Физика учебник в двух частях // БАЗОВЫЙ И УГЛУБЛЕННЫЕ УРОВНИ.//Наука, Технология// ФГОС — 2019. —№1. —С 96–102.
2. .Наука, Технологии, Изобретения // Диамагнитная левитация URL: <https://powercoup.by/kak-eto-ustroeno/magnitnaya-levitatsiya?ysclid=1195pw5ns6> (дата обращения: 10.03.2022).

СЕКЦИЯ 18. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 543.8

Определение размера частиц и дзета-потенциала анионного поверхностно-активного вещества на основе пальмитиновой и стеариновой кислот

Фатхутдинова А.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет. г. Казань, Россия

В настоящее время поверхностно-активные вещества (ПАВ) являются одним из интенсивно развивающихся классов химических веществ. С каждым годом увеличивается производство различных видов и ассортимент ПАВ для применения во многих отраслях промышленности, а также в быту, сельском хозяйстве, медицине и фармацевтике [1-3]. Ассортимент выпускаемых ПАВ увеличивается за счет применения сырья различной природы: продукты нефтехимии, животный жир, растительные масла и их кислоты.

Анионные ПАВ (аПАВ) составляют более 60 % всех производимых ПАВ и отличаются широким ассортиментом. Обладают высокими пенообразующими, моющими и очищающими свойствами в нейтральной и слабокислой средах. Они широко применяются в промышленности, медицине и быту. Вместе с неионогенными ПАВ (нПАВ), аПАВ составляют основу различных моющих, чистящих средств, бытовых и технических суспензий, эмульсий и аэрозолей [2,3].

Целью данной работы является определение среднего размера частиц и дзета-потенциала синтезированного аПАВ на основе пальмитиновой и стеариновой кислот (ЭСПСК).

Полученный продукт представляет собой однородную вязкую массу бежевого цвета при комнатной температуре [3].

В качестве контрольного ПАВ использовали Алкилсульфонат натрия. Этот ПАВ широко применяется в легкой, текстильной промышленности, в косметологических и моющих средствах (ГОСТ Р 50002-92 (ИСО 894-77)).

Ранее на кафедре Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов ФГБОУ ВО «КНИТУ» исследованы коллоидно-химические свойства синтезированного и контрольного ПАВ: поверхностное натяжение, критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), краевой угол смачивания. Полученные данные подтверждает наличие поверхностно-активных свойств исследуемых веществ [3].

Результаты исследования коллоидно-химических свойств полученного ЭСПСК и контрольного ПАВ представлены в таблице 1.

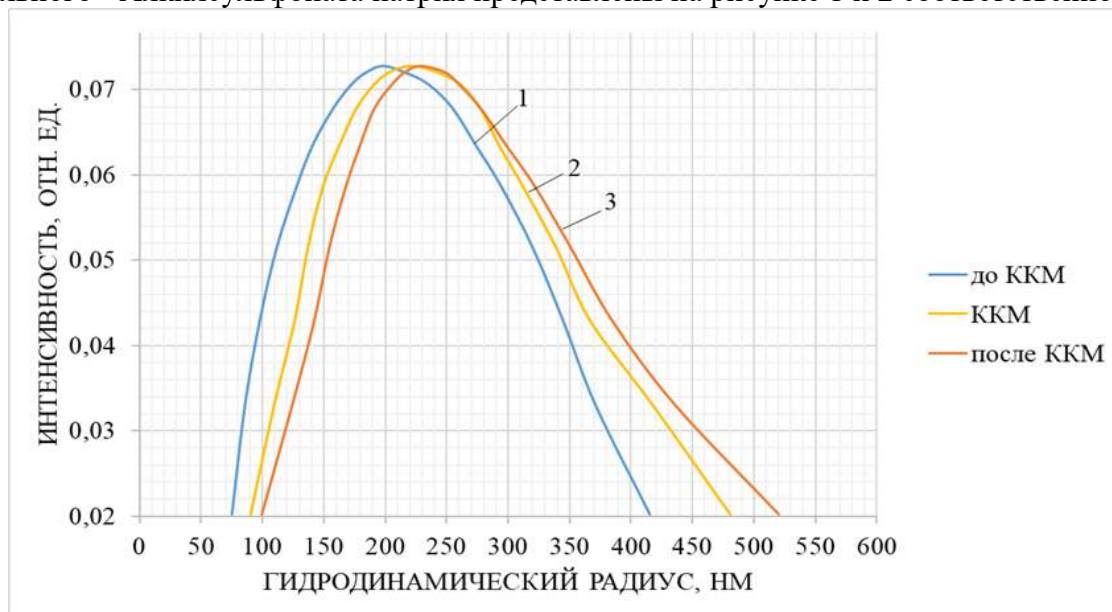
Таблица 1. – Результаты исследований свойств полученного и контрольного ПАВ.

Показатель	ЭСПСК	Алкилсульфонат натрия
Внешний вид	Вязкая масса бежевого цвета	Пастообразная масса светло-желтого цвета
ККА, г/дм ³	1,5-2,0	1,5-2,0
Поверхностное натяжение водного раствора 5,0 г/дм ³ , σ мН/м	29,4-30,5	31,9-32,5
Краевой угол смачивания водного раствора концентрацией 5,0 г/дм ³ , на гидрофильной желатиновой поверхности	82,5-83,0	82,0-82,5

Известно, что одной из важнейших характеристик, влияющих на свойства ПАВ является степень дисперсности, характеризующий внешний вид водной эмульсии. Форма и размер частиц коллоидной системы оказывает существенное влияние на свойства ПАВ. Проведены эксперименты по определению среднего размера частиц синтезированного и контрольного ПАВ. Для этого использовали прибор 90Plus/BI-MAS. В работе применяли надежный метод определения

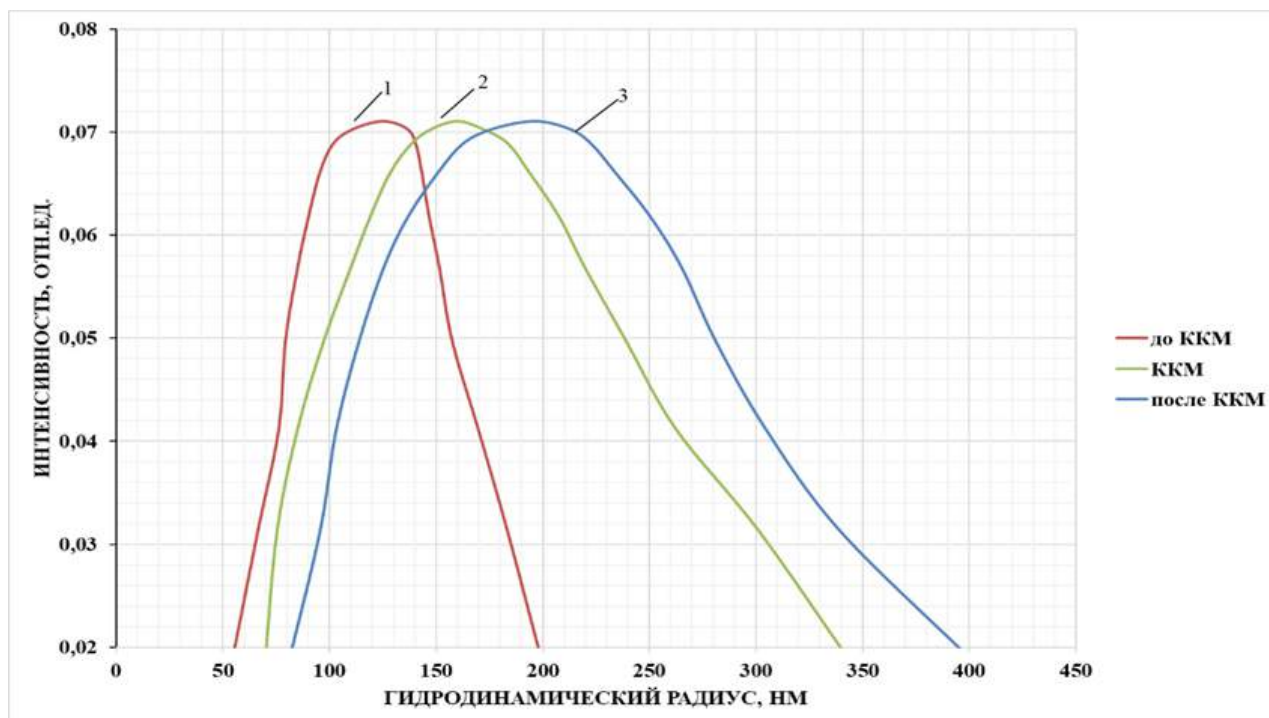
субмикронных и наночастиц размером от 10 нм до 1 мкм – метод динамического рассеяния света. Данный метод позволяет анализировать наночастицы, а также частицы с диаметром 6 мкм [5]. Суть метода заключается в следующем: помещенный раствор с определенной концентрацией ПАВ рассеивает свет лазера, причем интенсивность света меняется из-за хаотического движения частиц. Процесс измерения и обработки сигналов флуктуаций происходит с помощью автокоррелятора и математического аппарата, встроенного в персональный компьютер [3,5].

Результаты определения среднего размера частиц синтезированного ПАВ - ЭСПСК и контрольного - Алкилсульфоната натрия представлены на рисунке 1 и 2 соответственно.



1- концентрация 1,0 г/дм³ - до достижения ККМ, 2- концентрация 1,5 - 2,0 г/дм³ – в точке ККМ, 3- концентрация 5,0 г/дм³ - после ККМ.

Рисунок 1 – Результаты определения размеров частиц ЭСПСК



1- концентрация 1,0 г/дм³- до достижения ККМ, 2- концентрация 1,5 - 2,0 г/дм³ – в точке ККМ, 3- концентрация 5,0 г/дм³ - после ККМ.

Рисунок 2 – Результаты определения размеров частиц Алкилсульфоната натрия

По полученным результатам измерения средних размеров частиц можно сделать вывод, что исследуемое вещество относится к группе высокодисперсных систем с диаметром частиц от 10 нм до 1 мкм. Выбранный в качестве сравнения контрольный ПАВ также относится к этой классификации дисперсных систем. Так, при концентрации синтезированного ПАВ 1,0 г/дм³ величина исследуемого показателя лежит в диапазоне 215,5-215,7 нм, контрольного ПАВ при той же концентрации в диапазоне 125,3-125,5 нм.

Средний размер частиц исследуемых веществ после достижения ККМ увеличиваются. В интервале ККМ при концентрации ЭСПСК 1,5-2,0 г/дм³ определяемая величина полученного продукта находится в промежутке 220,7-220,9 нм. Контрольный ПАВ характеризуется средним размером частиц 196,0-196,2 нм при концентрации 1,5-2,0 г/дм³.

Полученные результаты эксперимента позволяют предположить, что ЭСПСК и Алкилсульфонат натрия занимают промежуточное положение между наночастицами и микрочастицами. Высокодисперсные системы, в отличие от грубодисперсных, характеризуются более высокими показателями поверхностной активности (способность снижать поверхностное натяжение) и также необходимыми смачивающими и моющими свойствами [3].

Исследуемые аПАВ относятся к группе монодисперсных систем, поскольку размеры частиц дисперсной фазы приблизительно одинаковы.

Высокая монодисперсность частиц ЭСПСК и алкилсульфоната натрия характеризует их технологичность и низкую трудоемкость применения.

Агрегативная устойчивость дисперсных систем - важный показатель химических свойств, влияющих на поверхностные свойства раздела фаз.

Для быстрой оценки стабильности различных систем применяется дзета-потенциал. ζ -потенциал – потенциал поверхности скольжения частицы в коллоидном растворе. Наличие данного потенциала на поверхности частиц препятствует агрегированию частиц и обеспечивает устойчивость системы [4,5].

Измерение величины ζ -потенциала также проводилась на приборе 90Plus/BI-MAS

Графики зависимостей значений ζ -потенциала от интенсивности сигнала ЭСПСК и Алкилсульфонат натрия представлены на рисунках 3 и 4 соответственно. Измерение величины ζ -потенциала также проводилась на приборе 90Plus/BI-MAS.

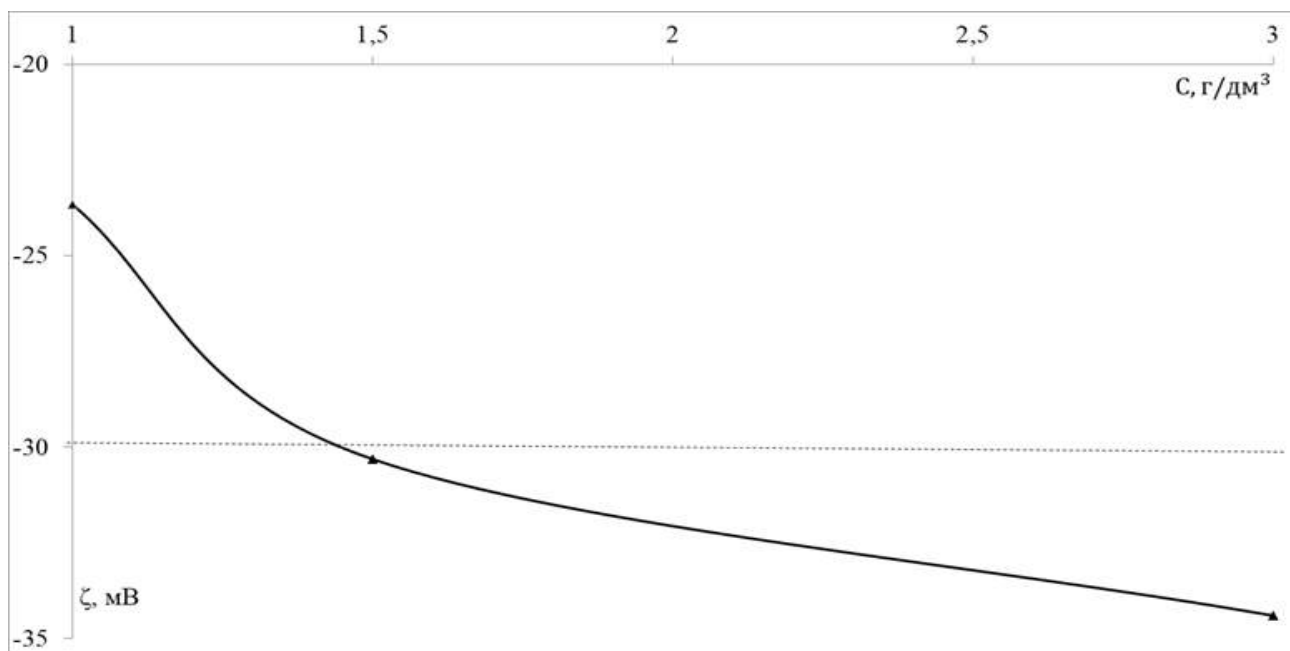


Рисунок 3 - Результат измерения ζ -потенциала ЭСПСК.

Согласно рисунку 3 исследуемый ПАВ - ЭСПСК характеризуется стабильностью системы при концентрации 1,5 г/дм³.

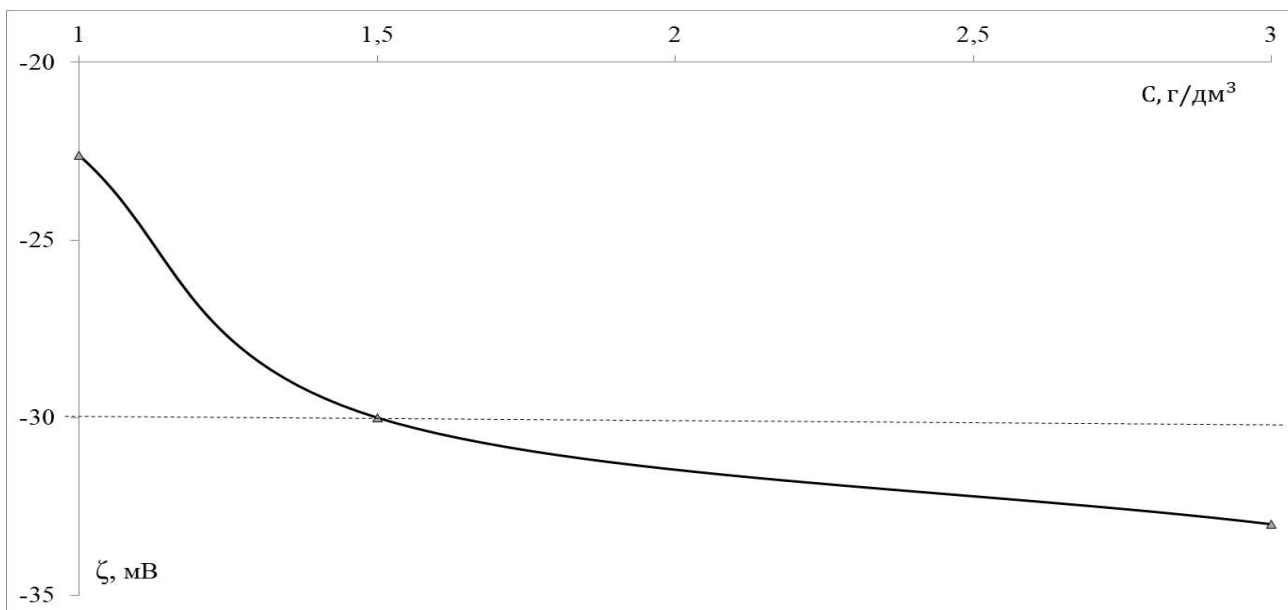


Рисунок 4 - Результат измерения ζ-потенциала Алкилсульфонат натрия.

Устойчивость контрольного ПАВ также проявляется с концентрации 1,5 г/дм³.

По полученным результатам видно, что при повышении концентрации ПАВ определяемый показатель уменьшается. Это объясняется тем, что уменьшается толщина двойного электрического слоя, так как концентрация противоионов в растворе увеличивается.

Известно, что частицы системы стабильны, если значения ζ-потенциала находятся в интервале $30 \text{ мВ} < \zeta < -30 \text{ мВ}$ [5].

Следует отметить, что в экспериментах значение исследуемого показателя для всех ПАВ находится не ниже $\pm 30 \text{ мВ}$, это показывает, что частицы исследуемых ПАВ устойчивы к агрегации.

Таким образом, выявлено, что полученный продукт ЭСПСК и Алкилсульфонат натрия характеризуются монодисперностью и занимают промежуточное положение между нано- и микрочастицами. Обнаружено, что синтезированный и контрольный ПАВ обладают высокой агрегативной устойчивостью. Поэтому исследуемые вещества могут быть рекомендованы для применения в качестве ПАВ.

Библиографический список:

1. Лутфуллина Г.Г., Гусева К.С., Гришин П.В., Хайрутдинова Р. И. Синтез и исследование свойств поверхностно-активных веществ на основе жирных кислот пальмового масла и метанола / Известия высших учебных заведений. Т. 61, №6 С. 88-95. 2018.
2. Лутфуллина Г.Г., Петрова С.А., Хайрутдинова Р.И., Халитов Ф.Г. Исследование строения и свойств ПАВ, полученных из жирных кислот / Вестник Казан. технолог. ун-та, 2019, - Т. 22, № 5. С. 70-71.
3. Лутфуллина Г.Г., Петрова С.А., Хайрутдинова Р.И. Изучение краевого угла смачивания поверхностно-активных веществ анионного типа / Молодежь и XXI век – 2019: сборник статей IX Международной молодежной научной конференции. – Курск, 2019. – 353-354 с.
4. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение / А.А. Абрамзон. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 304 с., ил.
5. Часто задаваемые вопросы по анализу размеров частиц. [Электронный ресурс] / Режим доступа: naibolee-chasto-zadavaemye-voprosy-po-analizu-razmerov-chastits.pdf

Разработка новейшего материала для изоляции трубопроводов, на основе модифицированной битумно-латексной эмульсииХабаров Е.А.¹, Терентьева М. В.², Хабарова З. В.³*1 – Синдорское ЛПУМГ, ООО «Газпром трансгаз Ухта, г. Ухта, Россия**2 – Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия**3 – Инженерно-технический центр, ООО «Газпром трансгаз Ухта, г. Ухта, Россия*

Одной из ключевых составляющих в структуре нефтегазового оборудования являются трубы, объединяющие отдельные компоненты технологической цепи в единый производственный комплекс.

Многообразие условий эксплуатации труб нефтегазового сортамента обуславливает различные виды и причины их повреждений, одной из наиболее существенных причин является коррозия. Основными направлениями совершенствования борьбы с коррозией являются:

- применение новых конструкций и способов нанесения изоляционных покрытий;
- применение различных технологических мероприятий; использование ингибиторов; использование высокоэффективных и экономичных труб;
- создание надежных методов обследования действующих трубопроводов без нарушения режима их работы.

Важным условием выполнения работ по восстановлению антикоррозионной защиты магистральных газопроводов является правильный выбор изоляционных материалов и конструкций покрытий, а также технологии ремонта в зависимости от условий эксплуатации и проведения работ.

Рассмотрим обзор отечественных конструкций и способов нанесения изоляционных покрытий трубопроводов за последние годы, которые отвечают основным современным требованиям защиты трубопроводов. [1]

На протяжении многих десятилетий основным типом наружного защитного покрытия трубопроводов являлось битумно-мастичное покрытие, к недостаткам которого следует отнести узкий температурный диапазон их применения. При отрицательных температурах окружающей среды битумные мастики переходят в стеклообразное состояние и охрупчиваются, а при повышенных температурах строительства и эксплуатации трубопроводов (выше +40°C) они переходят в вязко-текучее состояние и могут продавливаться под весом трубопровода и грунта по нижней образующей трубы. По этим причинам применение битумных покрытий ограничивается верхним пределом температуры эксплуатации – не выше +40°C – и максимально допустимым диаметром трубопровода – не более 820 мм.

Те же недостатки, что и у битумно-мастичных покрытий, присущи комбинированным мастично-ленточным покрытиям.

В начале 60-х г.г. прошлого века за рубежом применялись полимерные ленточные покрытия, которые в нашей стране стали использоваться в 70-90 г.г., в период строительства целой сети протяженных магистральных газопроводов. Несмотря на высокую технологичность их нанесения на трубы в заводских и трассовых условиях, хорошие диэлектрические характеристики, низкую влажностепрооницаемость и достаточно широкий диапазон применения, данные покрытия обладают следующими основными недостатками: низкая устойчивость к сдвигу под воздействием осадки грунта; недостаточно высокая ударная прочность покрытия; экранировка ЭХЗ; низкая биостойкость адгезионного подслоя покрытия; срок службы на трубах диаметром более 820 мм составляет 7-12 лет в зависимости от температуры и условий эксплуатации.

Защитная способность покрытия на основе липких лент начинает ухудшаться из-за нарушений сплошности покрытия уже при укладке и засыпке трубопровода и затем дополнительно снижается за счет отслоения покрытий при подвижке газопровода, грунта и воздействия средств электрохимической защиты в процессе эксплуатации, особенно при температурах выше 35-40°C.

Возникающие дефекты покрытия ведут не только к снижению коррозионной защищенности эксплуатируемых объектов, но и к значительному увеличению затрат на электрохимическую защиту газопроводов. Кроме того, в ходе эксплуатации трубопроводов,

защищенных полимерными липкими лентами, вследствие нарушения целостности покрытия и целого ряда других факторов возможно развитие процессов стресс-коррозионного растрескивания металла труб под напряжением.

Практический опыт показал, что технология изоляционных работ в трассовых условиях не обеспечивает качественного нанесения на трубы защитных битумно-мастичных и полимерных ленточных покрытий.

Битумно-полимерные материалы и конструкции покрытия на их основе применяются при ремонте магистральных газопроводов диаметром до 1420 мм включительно в трассовых условиях, с температурой эксплуатации трубопроводов от минус 20°C до плюс 35°C.

Исходя из опыта эксплуатации магистральных газопроводов в условиях агрессивной среды, где вероятность возникновения дефектов изоляционного покрытия высока, показывает, что на современном этапе применения изоляционных материалов все же не существует идеальных покрытий, не имеющих недостатки и которые могли бы обеспечить длительный срок эксплуатации равный эксплуатации самому трубопроводу.

Одной из основных проблем, определяющих ресурс и надежность как длительно функционирующих, так и строящихся трубопроводных систем, является оценка и пролонгированные коррозионной стойкости внешней защиты поверхности труб.

В настоящее время в большинстве случаев данная проблема решается с помощью повторного нанесения внешней изоляции на трубы (переизоляция) в условиях трассы. Однако многие применяемые при переизоляции материалы не обеспечивают эффективной защиты металлической поверхности трубопроводов.

Самовосстанавливающаяся изоляция будет отличным решением обеспечения антикоррозионной защиты труб подверженных механическому воздействию и нарушению сплошности покрытия. Это весьма важно, так как будет продлен срок службы трубопровода и минимизированы или исключены ремонтные работы, следовательно значительная экономия затрат на демонтаж. Данный вид изоляции будет иметь три слоя: первый слой – битумная мастика, второй слой – ячеистая структура с жидкой изоляцией, третий слой - полимерная самоклеящаяся лента.

При нарушении сплошности изоляционного покрытия в каком-то определенном месте жидкость из прилегающей ячейки будет выходить на поверхность, застывать и затягивать поврежденное место. Этим и выражается эффект самовосстановления. Подбор жидкого компонента ячеистой структуры является главной задачей.

В качестве гидравлически вязкой жидкости предлагаю использовать компонент – жидкая резина. Жидкая резина – это новейший материал для гидроизоляции, новое слово в строительстве, а если говорить проще, то это модифицированная битумно-латексная эмульсия, состоящая из двух взаимно нерастворимых компонентов – битума и воды. Таким образом, жидкая резина является материалом, изготовленным на основе битумной эмульсии, характеристики которой улучшены посредством включения в ее состав латекса.

Жидкая резина обладает множеством преимуществ:

- высочайшие адгезивные свойства ко всем поверхностям;
- создана на водной основе, пожаробезопасна и не представляет риска при транспортировке, хранении и применении;
- не токсична, не имеет запаха (может использоваться в закрытых помещениях без применения средств защиты органов дыхания);
- огромный эксплуатационный срок (более 15 лет, покрытие может эксплуатироваться при температурах от -50°C до +98°C);
- выдерживает различные химические, климатические и механические воздействия. [2]

Библиографический список:

1. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. Москва Металлургия, 1976, 472 с.
2. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Учебник для вузов. 3-е издание, Санкт-Петербург, 2008, 448 с

Исследование стойкости композиционного эпоксиполимерного материала

Некрасов К.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день трубопроводный транспорт имеет множество преимуществ перед остальными способами транспортировки нефти в мире и является самым выгодным из всех. К сожалению, недостатки в нём тоже присутствуют:

1. Высокие давления и температуры рабочих сред.
2. Вибрации.
3. Агрессивные и коррозионноактивные составляющие среды.
4. Солеотложения.
5. АСПО.

В связи с этим нефтетранспортирующая отрасль нуждается в материале, способном ликвидировать данные проблемы.

Анализ литературных данных позволяет утверждать, что в настоящее время широко используются органо-неорганические полимерные композиционные материалы, которые обладают теплопроводностью дерева, прочностью и долговечностью стали, биологической стойкостью, влагостойкостью и атмосферостойкостью полимера. Такого рода соединения при различных составных компонентах могут быть задействованы для выполнения множества функций [1,2].

На основании предыдущих исследований в этом направлении, цель данной работы сопредельна следующим образом: исследование композиционного материала, изготовленного на основе эпоксидной матрицы, модифицированной наночастицами оксида алюминия. Определение и тестирование наиболее устойчивого и эффективного состава и его оценка [3,4].

Устойчивость композиционного материала была определена путем оценки адгезионной способности композиционного материала к выбранному субстрату, а также оценки стойкости при резком перепаде температур.

Для выполнения работы использовались следующие материалы и оборудование:

- Эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84);
- Отвердитель изо-метилтетрагидрофталевоый ангидрид марки изо-МТГФА (ТУ 6-09-3321-73);
- Отвердитель триэтилентетрамина (ТЭТА) (ТУ- 6-02-1099-83);
- Катализатор 2,4,6,-трис(диметиламинометил) фенол марки алкофен (ТУ 6-09-4136-75);
- Нанодисперсный оксид алюминия (99,6%) фирмы Nanox;
- Образцы стали марки СТ-3;
- Шкаф сушильный SNOL;
- Весы аналитические Acculab;
- Мешалка магнитная IKA RCT basic.

Оценка адгезионных свойств исследуемого покрытия, значения поверхностной энергии и определение характера поверхности проводилось по значениям краевого угла смачивания.

Состав исследуемых образцов материала представлены в Таблице 1. Все составы были приготовлены при одинаковых оптимальных условиях, выбранных на предварительных этапах исследования: модифицирующий компонент перемешивался с эпоксидной смолой в течение 40 минут на магнитной мешалке при скорости перемешивания 500 об/мин и при температуре 80°С, в систему вводился отвердитель. Время контакта эпоксидной смолы с отвердителем устанавливалось в соответствии с рекомендациями изготовителя: с изо-МТГФА 60 минут, ТЭТА – 30 минут.

Измерения краевого угла производились с помощью оптического прибора OCA-15EC DataPhysics Instruments GmbH по методу лежащей капли.

Оценка устойчивости к перепадам температур проводилась визуально, после выдерживания образца во влажной среде при температуре 100°С в течение 60 минут и дальнейшего резкого погружения в воду, температура которой равнялась 4°С, на 30 минут.

Далее проводилась визуальная оценка состояния поверхности образца на наличии сколов, трещин, прочих повреждений.

Стоит отметить, что испытания на устойчивость образцов на под номерами 1 и 2 не проводились. Это связано с тем, что ещё на этапе нанесения раствора, их покрытия были неоднородны и не сплошными (Рисунок 1). Соответственно проводить дальнейшие эксперименты с ними были нецелесообразны.

Таблица 1 – Состав исследуемых образцов

№ образца	Содержание эпоксидной смолы, % масс	Отвердитель	Содержание отвердителя, % масс	Содержание наполнителя, % масс
1	91,0	ТЭТА	9,0	0
2	80,0	изо-МТГФА	20,0	0
3	90,0	ТЭТА	9,0	1,0
4	79,0	изо-МТГФА	20	1,0
5	89,0	ТЭТА	9,0	2,0
6	78,0	изо-МТГФА	20	2,0



а)



б)

а) образец 1, б) образец 2

Рисунок 1 – Образцы 1 и 2. Нанесенные на стальной субстрат после отверждения

Таблица 2 – Результаты исследований на устойчивость

Образец	Относительная работа адгезии* $Z = W_a/W_k$	Устойчивость к перепаду температур
1	0,7123	Испытания не проводились
2	0,6953	Испытания не проводились
3	0,8966	Низкая, имеются трещины и сколы
4	0,9455	Высокая, внешний вид без изменений
5	0,9025	Низкая, имеются трещины и разводы
6	0,9524	Низкая, имеются трещины и сколы

* При невозможности точного определения поверхностного натяжения высоковязких систем, которыми являются исследуемые составы, необходимого для расчета работы адгезии по уравнению Дюпре-Юнга, об изменениях сил адгезионного взаимодействия можно судить по значениям относительной работы адгезии $Z = W_a/W_k$. При введении модифицирующего компонента наблюдается увеличение Z стремление ее к единице.

По результатам проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что с прикладной точки зрения целесообразно рассматривать образцы под номерами 4,5,6. У номера 6 самый высокий показатель относительной работы адгезии, но визуальная оценка устойчивости к перепадам температур выявила ряд проблем, среди которых коррозия и трещины, образец 4, в свою очередь, имея меньшую относительную работу адгезии, сохранил своё изначальное состояние. А номер 5, мало того, что имеет наименьший показатель адгезии, так ещё и испытания прошёл хуже номера 4.

По итогам данного этапа исследований установлено, что состав образец под номером 4 является наиболее устойчивым к перепаду температур, легко и равномерно наносится, обеспечивая сплошное покрытие. Следует отметить, что у этого с данным составом были проведены контрольные испытания. Т.е. помимо двух изначально приготовленных экземпляров, позже были сделаны ещё два. Они также были протестированы и тоже показали хорошие результаты.

Таким образом, опытным путём определен наиболее устойчивый и эффективный состав, который хорошо себя показал как при нанесении на образец, так и после проведенных испытаний. С образцом №4, содержащим 79% эпоксидной смолы, 20% отвердителя марки изо-МТГФА и 1% наполнителя, целесообразно проведение дополнительных исследований, таких как: изучение микроструктуры до и после отверждения, изучение свойств поверхности отвержденного полимерного композиционного материала, определение прочих физико-механических характеристик материала (прочность, твердость, ударная вязкость и др.), в целях дальнейшего оформления патента на полезную модель и рекомендации использования данного материала на производстве.

Библиографический список:

1. Елагина О.Ю., Бурякин А.В., Жук В.В. Особенности применения протекторных металлизационных покрытий для коррозионной защиты металлоконструкций, работающих в морской среде // Территория Нефтегаз. 2016. №11.
2. Мильке А. А. Исследования отказов промысловых трубопроводов в результате процесса коррозии в Условиях крайнего севера //Творчество юных-шаг в успешное будущее: Арктика и её освоение.—Томск, 2017. – 2017. – С. 303-304.
3. Строганов В.Ф. Проблемы адгезионной прочности эпоксидных полимер-полимерных модифицированных клеев и компаундов при реализации высокотехнологичных строительных технологий// Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал. 2014. №1. Стр. 108-123.
4. Хабарова З.В., Григорьева Т.А., Хабаров Е.А. Оценка эффективности разработанного защитного покрытия для металлоконструкций с повышенной коррозионной стойкостью и устойчивостью к обледенению//Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2021 – №. 4 – С. 70-74.

Нагибина А.В., Новокрещенова И.Р.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Питьевая вода — это вода, которая предназначена для ежедневного неограниченного и безопасного потребления человеком и другими живыми существами. Вода должна отвечать ряду требований:

- соответствие общим показателям и содержанию вредных химикатов, наиболее распространенных в России, а также соответствие антропогенов, наиболее встречающихся на заданной территории, согласно нормам;
- наличие химикатов в пределах нормы (химикатов, образующихся в воде в процессе ее очищения);
- нормативное содержание химикатов в воде, поступающих в процессе жизнедеятельности человека;
- соответствие эпидемиологическим и паразитологическим показателям.

На данный момент проблема сточных вод и водоочистных сооружений приобретает все большую остроту и важность во всем мире, в том числе и в России. В процессе хозяйственной деятельности современное общество потребляет все больше и больше количества воды, значительная часть которой, в результате, становится загрязненной самыми различными веществами. Во многих домах из крана течет вода рыжего цвета с характерным запахом хлора, в ней содержатся болезнетворные бактерии, избыточные количества катионов кальция и магния, тяжелые металлы и токсические азотистые соединения [1].

Целью данной работы является анализ литературных данных о стадиях водоподготовки и традиционных способах утилизации шлама после процессов водоочистки и систематизация данных об основных методах химической обработки воды до соответствия требованиям СанПин.

Для обеспечения соответствия показателей водопроводной воды требованиям СанПин вода из природных источников подвергается процессам водоподготовки и водоочистки.

Самый первый этап очистки - механический. Чтобы очистить воду от крупных загрязнений таких как ветки и листья деревьев, рыба, камни и прочий мусор требуется специальный фильтр-решетка. Перед этим вода закачивается в специальные резервуары, там вода проходит несколько стадий фильтрации. Обычно в качестве фильтров выступает песок разной фракции.

На втором этапе в воду добавляют реагенты, которые образуют хлопья и оседают на дно (Таблица 1). После данной очистки вода подвергается фильтрации, проходит через песок, где оседают все частицы, которые образовали хлопья [2].

Обеззараживание от бактерий и микроорганизмов происходит с помощью хлорсодержащих веществ.

Особое внимание следует уделить реагентам, используемых для процессов коагуляции и флокуляции, поскольку отходы после обработки воды данными реагентами создают наибольшие экологические проблемы.

Коагуляция — это особый процесс, который можно охарактеризовать словом укрупнение. То есть, при добавлении в состав загрязненной воды определенного вещества, все мелкодисперсные частицы, начнут объединяться в более крупные агрегаты, и, в конце, станут достаточно большими для фильтрации.

Применяют коагулянты как неорганические, так и органические. Наиболее часто в качестве коагулянтов используют соли железа и алюминия. Наиболее часто применяемые коагулянты в России:

Оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl_6H_2O$. В твердом виде — зеленоватые кристаллы с содержанием основного вещества 40...44 % по Al_2O_3 . Поставляется в виде 35%-го раствора. Растворы имеют кислую реакцию.

Полиоксихлорид алюминия (массовая доля алюминия 30 %). Коагулянты на основе

полиоксихлорида алюминия могут представлять собой полиалюминий гидроксид хлорид, алюминий гидроксид хлорид, алюминий оксихлорид, полиалюминий хлорид, полиалюминий гидрохлорид [3].

Неочищенный сернокислый алюминий – $Al_2(SO_4)_3$, сульфаты железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$, хлорное железо $FeCl_3$.

Таблица 1 - Основные способы химической обработки воды

Показатель качества воды	Способы химической обработки	Реагенты
Мутность, цветность	Коагуляция, флокуляция	Коагулянты, флокулянты
Низкая щелочность	Подщелачивание	Карбонат натрия, карбонат кальция
Органолептические показатели (привкус, запах)	Предварительное хлорирование. Обработка перманганатом калия. Озонирование	Активный уголь. Жидкий хлор. Перманганат калия. Озон
Бактериальные загрязнения	Хлорирование, озонирование	Хлор. Гипохлориты. Озон. Аммиак
Избыток железа,	Аэрация. Хлорирование. Подщелачивание. Коагуляция. Катионирование	Хлор. Известь. Сода. Коагулянты. Перманганат калия
Избыток солей жесткости	Декарбонизация. Известково-содовое умягчение. Ионный обмен	Известь. Сода. Коагулянты (хлорное железо или железный купорос). Поваренная соль. Серная кислота

Флокулянты служат для ускорения соединения неустойчивых частиц. Таким образом, в воде быстрее образуются белые хлопья, которые легче отфильтровываются. Флокулянты как раз необходимы для осветления воды. С их помощью производительность фильтров-осветлителей повышается [4].

Таблица 2 – Основные флокулянты и их характеристики

Флокулянт	Тип флокулянта	Содержание ионогенных групп, %	Обменная емкость, мг-экв/г
Полимеры акриламида серии АК 636:			
К 1020	Слабокатионный	18...22	1,44
К 555	Сильнокатионный	50...55	3,4
К 580	Сильнокатионный	75...80	4,0
Полимеры акриламида серии АК 631:			
А 930	Среднеанионный	20...30	
А 1510	Слабоанионный	5...10	
Н 150	Неионный	3	
Флокатор 100			
Флокатор 200	Сильнокатионный	100	4.1
Флокатор 109			
ВПК 101	Сильнокатионный	100	4,5
ВПК 402			
Полиакриламид	Слабоанионный	6...8	

Вышеуказанные реагенты достаточно хорошо справляются со своей задачей: обеспечивают качественную очистку воды от различных загрязнений и примесей. Однако существует очень серьезная проблема утилизации отходов после реагентной обработки.

Существует опыт обработка осадка серной или соляной кислотами. Данный метод наиболее эффективен среди всех известных способов регенерации и позволяет вернуть в рабочий цикл до 80% коагулянта. Недостатками этого метода являются высокая загрязнённость получаемого коагулянта и его низкая коагулирующая способность, сложное аппаратное оформление процесса, большой расход реагентов.

На данный момент в открытых источниках о методах и способах утилизации продуктов после реагента очистки воды крайне мало. Данная информация является закрытой. Из определенных источников известно, что некоторые производства и комплексы неблагоприятно влияют на нашу планету, не справляясь с проблемой очистки: вывозят мусор и шлам далеко от завода или загрязняют реки и водоемы. Известно, что в некоторых организациях для личного использования воды фильтры очищаются и используются вновь, а мусор, шлам и остальные отходы безжалостно закапывают в лесу, если это происходит зимой, то они просто выкачивают всю воду как из амбаров, так и с остальных сооружений, тем самым создавая «болото».

Анализ литературных данных, незначительное количество информации о способах утилизации и переработки отходов после реагентной обработки природных и сточных вод, позволяет утверждать об актуальности и не исследованности данного вопроса. На основании выполненной работы, определена цель дальнейших исследований: поставлена задача по выполнению комплекса лабораторных испытаний по поиску эффективных и безопасных способов переработки таких отходов.

Возможно многие фабрики, заводы и остальные предприятия перестанут халатно относиться к экологии и смогут нам помочь в исследованиях и подскажут что остается после фильтрации и куда она исчезает, так как после многих звонков на данные объекты никто так и не дал вразумительных объяснений.

Библиографический список:

1. Г. С. Сафаров, В. Ф. Веклич, А. П. Медведь, И. Д. Юдовский Новая техника в жилищно-коммунальном хозяйстве — Киев : Будівельник, 1988. — 128,[2] с. : ил ; 17 см. — Библиогр.: с. 124—129.
2. Аверина Ю.М., Курбатов А.Ю., Зверева О.В. Экологический метод очистки природной воды // Успехи в химии и химической технологии. 2017. №15 (196).
3. ГОСТ Р 58580-2019. Полиоксихлорид алюминия. Технические условия.
4. Технологические схемы очистки питьевой воды. Расчет и компоновка реагентного хозяйства [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению курсовых проектов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. ар- хит.-строит. ун-т ; сост. А. В. Приходченко, Д. И. Приходченко, Т. Ф. Рыльцева. — Электронные текстовые и графические данные (0,3 Мбайт). — Волгоград : ВолГГА- СУ, 201

УДК 621.6; 544.332.2

Квантово – химическое исследование процесса образования гидратов

Паплевченков В.С., Качесов И.А., Засовская М.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

Гидратообразование в призабойной зоне, стволах скважин осложняют добычу углеводородов, что ведет к уменьшению дебитов. В системах сбора нефти и газа гидраты при определенных температуре и давлении отлагаются на стенках трубопроводов и повышают их гидравлические сопротивления, тем самым увеличивая энергетические затраты. Присутствие гидратов в потоках извлекаемого из недр флюида повышает износ сборных коллекторов, уменьшая их ресурс. В системах промысловой подготовки углеводородов (в теплообменном оборудовании, сепараторах и т.д.) гидратоотложение ухудшает технологические процессы. Образование гидратов в машинах и агрегатах систем сбора и подготовки приводит к авариям. В магистральных газопроводах их отложение уменьшает эффективность его работы.

Для решения проблем, которые связаны с борьбой с техногенными гидратами и добычей газа из природных гидратов, необходимо уметь рассчитывать основные параметры их образования и диссоциации. Другими словами, необходимо иметь физико-химический аппарат, с помощью которого возможно решение многоплановых технологических и технических задач, связанных с условиями разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений.

Цель работы: Установление механизма реакции гидролиза компонентов природного газа, протекающего с участием нейтральных комплексов воды, в частности, установление структуры, термодинамических, электронных и спектральных характеристик

Задачи:

- Оценить термодинамические характеристики реакций образования гидратов;
- Оптимизировать геометрию и установить структуры гидратов;
- Оценить термодинамическую вероятность образования гидратов;
- Сопоставить полученные термодинамические данные с экспериментальными.

Газовые гидраты – твердые кристаллические вещества, классические представители клатратных соединений, внешним видом напоминающие снег или рыхлый лед. Способностью образовывать гидраты обладают все гидрофобные газы и легколетучие органические жидкости, молекулы которых имеют размеры в пределах 3,8–9,2 (N_2 , O_2 , метан- CH_4 , этан- C_2H_6 , пропан- C_3H_8 , изобутан- C_4H_{10} , галогенопроизводные углеводородов C1-C4 и т.д.), а также некоторые гидрофильные соединения (окись этилена, тетрагидрофуран (ТГФ), ацетон), взаимодействие которых сводой достаточно слабое и не может препятствовать клатратообразованию. Возникает вопрос, каким образом вещества, не имеющие никакого химического сродства, такие, как вода с одной стороны, благородные газы или углеводороды – с другой, могут взаимодействовать, при этом образуя термодинамически устойчивые соединения. Дело в том, что в идеале между гостем и хозяином (водный клатратный каркас) существуют только слабые межмолекулярные (Ван-дер-Ваальсовы) взаимодействия, которые в силу благоприятной геометрии расположения молекул-гостей в полостях хозяйского каркаса и вследствие того, что требуются малые затраты энергии на перестройку льда в клатратный каркас, приводят к выигрышу энергии по сравнению с энергией смеси составляющих исходных компонентов при тех же условиях. Именно поэтому гидратообразующие вещества, будучи заключенными в водный клатратный каркас, в основном сохраняют свою химическую индивидуальность, равно как и вода.

Природные газогидраты - основной неиспользованный ресурс природного газа на планете. Из-за огромного размера потенциального ресурса финансируемые правительством исследовательские программы, в основном ведущиеся Японией, США, Индией, Китаем и Кореей, работают над подтверждением ресурса гидрата газа и разработкой технологии разведки и добычи. Недавние испытания морской добычи в Японии и Китае, а также наземные испытания на Аляске помогают доказать техническую осуществимость ресурса газогидрата.

Свойства гидратов газов позволяют рассматривать их как твердые растворы. Данные исследований Гаммершмидта показывают, что содержание водяного пара в газообразной фазе в системе газ — гидрат меньше, чем в системе газ — вода. Каждый гидрат имеет постоянную характерную для него парциальную упругость водяного пара, которая меньше упругости пара над жидкой водой при той же температуре.

Возникновение гидрата обусловлено определенными давлением и температурой при насыщении газа парами воды. Гидраты распадаются после того, как упругость паров воды будет ниже парциальной упругости паров исследуемого гидрата. Условия образования и стабильного существования газогидратов определяются такими факторами, как наличие газов и их состав; фазовое состояние и состав воды; температура; давление. Чем выше молекулярная масса индивидуального газа или смеси газов, тем ниже требуется давление для образования гидрата при одной и той же температуре.

Появление гидратов в трубопроводе показано на рисунке 1.

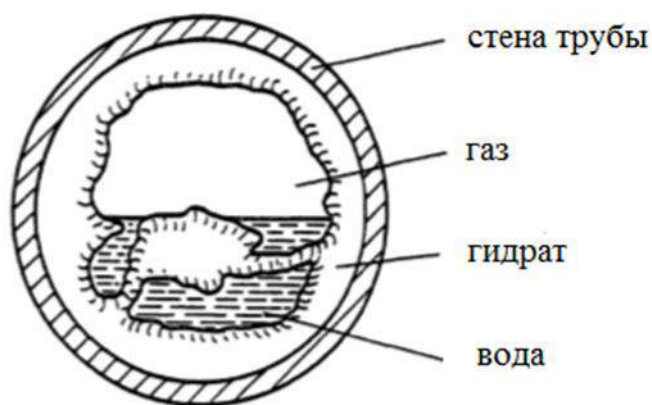
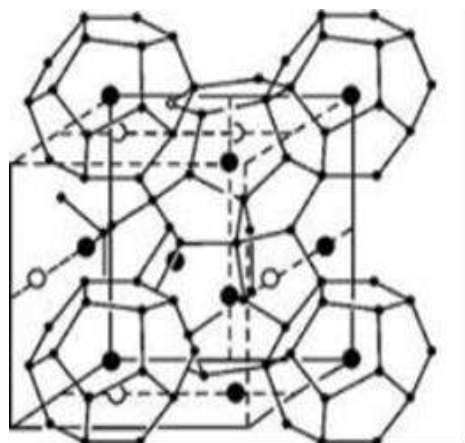


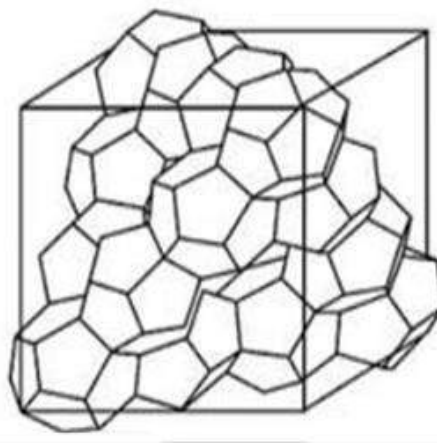
Рисунок 1 – Схема образования гидрата в трубе

Формирование пробки начинается на стенке трубы, поскольку теплообмен направлен радиально наружу. Начало образования гидрата на стенке трубы находится на границе раздела между водой и газом. Режим потока изменяется от стратифицированного потока воды и газа в направлении прерывистого потока. Вода подается в верхнюю часть трубы. Весь периметр стены покрыт гидратами, и достигается закрытый гидратный слой. Гидратный слой растёт в радиальном направлении к центру трубы. При определенных объемных расходах и определенных тепловых потоках растущий гидратный слой приводит к закупориванию трубопровода.

Наиболее полные данные о структуре, составе и свойствах кристаллогидратов природных газов были получены в результате рентгенографических исследований Штакельберга, Мюллера и Джонсона. В результате этих исследований выяснилось, что кристаллогидраты являются клеточными соединениями с двумя структурами, которые обладают кубической симметрией: структурой I, образуемой газами и парами, представленной на рисунке 2 а, и структурой II, образуемой жидкостями, представленной на рисунке 2 б. Исключение составляет пропан, пары которого образуют кристаллогидрат со структурой II.



а) структура I газового гидрата,



б) Структура II жидкого гидрата

Рисунок 2 – Структуры кристаллогидратов

Благодаря своим свойствам водородной связи молекулы воды способны образовывать полости, которые могут вмещать молекулы с низким молекулярным весом. Включение этих молекул газа стабилизирует структуру метастабильной структуры воды. Существует два различных типа общей гидратной структуры, которые упоминаются как структура I и структура II. Обе структуры содержат множество маленьких и больших полостей. Только молекулы небольшого размера и соответствующей геометрии способны проникать в полости.

Газовые гидраты, представляющие интерес для промышленности углеводородов

природного газа, состоят из воды и восьми молекул: метана, этана, пропана, изобутана, нормального бутана, азота, диоксида углерода и сероводорода. Образование гидратов возможно в любом месте, где существует вода с такими молекулами - в естественных или искусственных средах и при температурах выше и ниже 0 °С, когда давление повышено.

В Таблице 1 представлены физико-химические характеристики гидратов, которые были использованы для проведения исследования.

Таблица 1 – Физико – химические характеристики гидратов

Гидратообразователь	Критическая температура кристаллообразователя, °С	Абсолютное давление диссоциации при 0 °С, МПа	Температура разложения гидрата при давлении 0,1 МПа, °С	Критическая точка разложения гидрата, °С
Структура I				
CH ₄	-190	10,5	-42,8	-
C ₂ H ₆	-93	0,52	-15,8	+14,5
CO ₂	-79	1,23	-24	+18
H ₂ S	-60	0,096	+0,35	+29,5
Структура II				
C ₃ H ₈	-45	0,10	+8,5	-
(CH ₃) ₂ O	-24	-	-	-
C ₂ H ₅ Cl	+13	0,026	+4,8	+0,78
C ₂ H ₅ Br	+38	0,02	+14	+0,22
CHCl ₃	+61	0,066	+1,6	+0,08

Для оптимизации молекулярной геометрии всех продуктов реакций, описанных выше, применялся метод функционала плотности (B3LYP/6-311++G(2d,2p)), а расчёты проводились в программе Gaussian03.

Термодинамические данные и другие результаты, полученные после расчета, анализировались с помощью программы Moltran.

В таблице 2 представлены термодинамические параметры, полученные с помощью квантово – химического моделирования.

Энергия образования молекул ($\Delta_r E$) показывает какое количество энергии необходимо затратить для разрушения связи или какое количество энергии высвобождается при прохождении реакции.

Энергия Гиббса и её изменение ($\Delta_r G$), показывают возможность протекания реакций при данных термодинамических условиях.

Изменение ($\Delta_r S$) энтропии и энтальпии ($\Delta_r H$) характеризуют “потерянную” энергию системы, энергию, которая могла бы быть включена в реакцию.

При отрицательной энергии Гиббса процесс идет при нормальных условиях без внешнего воздействия, от -40 до + 40 КДж процесс идет в прямую и обратную сторону. Почти для всех реакций энергия положительна, что говорит о том, что процесс при нормальных условиях маловероятен. И образование гидратов идет при пониженном давлении.

В предыдущих исследованиях была оптимизирована структура кластера из 8 молекул воды рисунок 3. Которая очень похожа на структуру газогидрата и предполагается, что структурная единица кластера может включать именно этот комплекс.

Главной проблемой квантово-химического моделирования с помощью специализированных программных пакетов является большая энергозатратность, время расчета может достигать до нескольких недель. Поэтому было принято решение получить термодинамические данные методом аппроксимации.

Таблица 2 – Термодинамические параметры

Реакция	B3LYP/6-311++G(2d,2p)			
	$\Delta_r E$	$\Delta_r H$	$\Delta_r G$	$\Delta_r S$
$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4(\text{H}_2\text{O})$	-1,47	3,63	9,00	-0,02
$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	-21,70	-9,69	21,36	-0,1
$\text{CH}_4 + (\text{H}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{CH}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	-0,92	4,12	9,33	-0,02
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2(\text{H}_2\text{O})$	-47,88	-3,97	18,68	-0,08
$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})$	-10,04	-4,35	28,99	-0,11
$\text{H}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})_2$	-43,37	-30,07	47,12	-0,26
$\text{H}_2\text{S} + (\text{H}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})_2$	-22,59	-16,27	35,09	-0,17
$\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})_3$	-74,92	-53,61	51,41	-0,35
$\text{H}_2\text{S} + (\text{H}_2\text{O})_3 \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{H}_2\text{O})_3$	-10,77	-4,96	30,27	-0,12
$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{H}_2\text{O})$	-1,43	3,73	14,12	-0,03
$\text{C}_3\text{H}_8 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{H}_2\text{O})_2$	-24,21	-11,93	37,91	-0,17
$\text{C}_3\text{H}_8 + (\text{H}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{H}_2\text{O})_2$	-3,43	1,88	25,87	-0,08
$\text{CH}_3\text{COH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COH}(\text{H}_2\text{O})$	-21,65	-14,90	16,32	-0,11
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}(\text{H}_2\text{O})$	-11,31	-8,21	27,50	-0,12
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Br}(\text{H}_2\text{O})$	-12,31	-6,77	18,61	-0,09
$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{H}_2\text{O})$	-1,11	3,99	7,22	-0,01
$\text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{H}_2\text{O})_2$	-24,21	-11,92	38,52	-0,17
$\text{C}_2\text{H}_6 + (\text{H}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{H}_2\text{O})_2$	-3,43	1,89	26,48	-0,15
$\text{CHCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{H}_2\text{O})$	188,90	182,55	197,46	-0,05

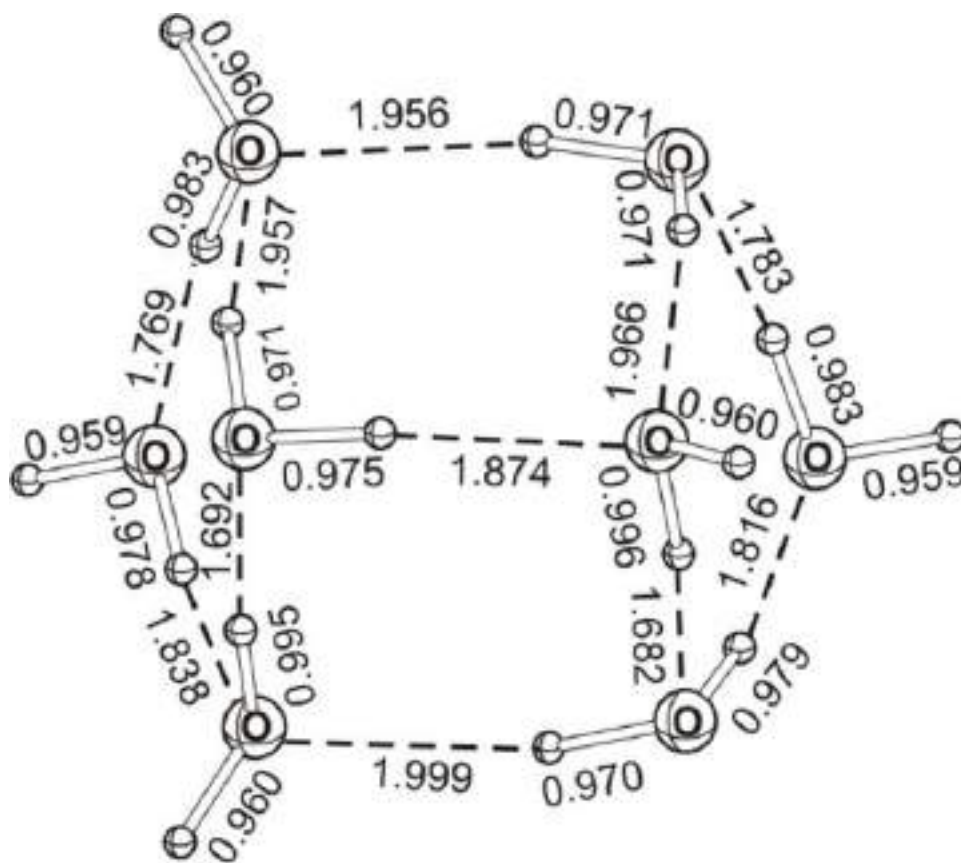


Рисунок 3 – Структура кластера $(\text{H}_2\text{O})_8$

В таблице 3 представлены погрешности, полученные при сравнении данных квантово-химического эксперимента с расчетными.

Таблица 3 – Погрешности

	(H ₂ O) ₂	H ₂ O(H ₂ O) ₂	(H ₂ O) ₈
Погрешность:	2,7%	8,3%	14,7%

Метод заключается в умножении данных кластера меньшего размера, на количество воды в искомом кластере, погрешность зависит от количества шагов, чем их меньше, тем меньше и погрешность. Дальнейшие исследования подразумевают работу с более крупными кластерами 24,32 или 36 молекул.

Таким образом образование гидратов с 1-3 молекулами воды термодинамически при нормальных условиях допустимо. С увеличением количества молекул воды в гидрате энергия Гиббса уменьшается, что говорит о большей вероятности протекания данных реакций, причем вероятность возрастает если в реакцию вступают кластеры или комплексы воды. Погрешность при сравнении данных полученных методом аппроксимации и квантово-химического эксперимента составляет 2-5%, что дает возможность использовать математические данные при расчете термодинамических параметров, что существенно ускорит получение результатов.

Библиографический список:

1. Засовская М.А., Игнатов С.К. Комплексы и кластеры воды, тионилхлорида и продуктов его гидролиза в газовой фазе. Термодинамические характеристики // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, № 1 (20). С. 39–48. DOI 10.21285/2227-2925-2017-7-1-39-48.
2. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. М.: Недра, 1974. 208 с.
3. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М.: Химия, 1980. 296 с.
4. Запорожец Е.П., Шостак Н.А. Гидраты. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2014. 460 с.
5. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. М.: Недра, 1974. 208 с.
6. Yoskioki S. Application of the independent molecule model to the calculation of free energy and rigid-body motions of water hexamers // J. Mol. Graph. Model. 2003. Vol. 21, N 6. P. 487–498. DOI: 10.1016/S1093-3263(02)00205-X.

УДК 620.193

Постановка методики определения скорости коррозии гравиметрическим методом

Садыков Т.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Данная работа выполнена с целью определить наиболее эффективную и нетрудоемкую лабораторную методику, наглядно показывающую протекание коррозии металлов.

Процесс самопроизвольного разрушения металлов и сплавов вследствие их взаимодействия с окружающей средой, в основе которого лежат механические воздействия окружающей среды и химические и электрохимические реакции, называют коррозией. Основой коррозионных процессов является реакция окисления металла.

В настоящее время используется множество критериев оценки степени или скорости коррозии, такие как изменение массы на единицу поверхности, глубина коррозионного разрушения, объем выделившегося газообразного продукта коррозии, количество очагов коррозии и др [1,2]. Чаще всего скорость коррозии выражают через весовой показатель коррозии:

$$v = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau} \quad (1)$$

где v – скорость коррозии (весовой показатель коррозии, $г/(м^2 \cdot час)$);

$\Delta m = m - m_0$

m - конечная масса испытуемого образца, г;

m_0 – масса образца до коррозии, г;

S – площадь корродирующей поверхности, $м^2$;

τ – продолжительность коррозии, ч.

В рамках данной работы были проведены исследования по оценке коррозионных исследований в различных средах. Эксперимент заключался в погружении в растворы различных кислот образцов стали марки СТ-3, размеры и масса которых были измерены до и после проведения эксперимента. В ходе экспериментов образцы выдерживались в кислой среде при постоянно возрастающей температуре в динамических условиях [3,4]. Каждому образцу был присвоен свой номер: образец 1 был погружен в соляную кислоту, образец 2 - в азотную кислоту, образец 3 – в серную кислоту. В опыте использовались растворы кислот молярной концентрацией 0,2 моль/л. Результаты исследований приведены Таблице 1.

Таблица 1 - Изменения температур растворов кислот во время опыта

Время, мин.	Температура(HCl), °C	Температура(HNO ₃), °C	Температура(H ₂ SO ₄), °C
0	30,5	40	39,5
5	33	42	41
10	35	44	42
15	37,5	45	43,5
20	40	46,5	44,5
25	42	47,5	45
30	44,5	48,5	45,5
35	45	49,5	46,5
40	46	50	47
45	47	50,5	47,5
50	48	51	47,75
55	48,5	51,25	48
60	49,5	51,5	48,25

В ходе исследования были измерены массы и размеры образцов до проведения опытов, на основе которых были посчитаны площади поверхности образцов, их объемы и плотности, использующиеся в дальнейшем для вычисления скорости коррозии и глубинного показателя коррозии. Также были измерены массы и размеры образцов, вычислены изменения площади образцов и изменения их массы. Данные измерения и результаты вычислений приведены в Таблице 2 и Таблице 3.

Таблица 2 - Характеристики образцов до проведения опытов

	1	2	3
Длина образца, мм	59	59	59
Ширина образца, мм	18	20	18
Толщина образца, мм	2	3	2
Площадь образца, мм ²	2360	2834	2432
Масса образца, г	25,8253	27,4191	25,7818
Объем образца, см ³	2,124	3,54	2,124
Плотность образца, г/см ³	12,1588	7,7455	12,1383

Таблица 3 - Характеристики образцов после проведения опытов

	1	2	3
Длина образца, мм	58	58	58,5
Ширина образца, мм	17	18	17
Толщина образца, мм	1,9	2,5	1,8
Площадь образца, мм ²	2192,4	2378	2199,6
Масса образца, г	25,7805	26,6457	25,7120
Изменение площади образца, мм ²	167,6	366	171,2
Изменение массы, г	0,0448	0,7734	0,0698

В рамках исследования были посчитаны скорость коррозии и глубинный показатель коррозии. Скорость коррозии рассчитывалась по формуле (1), приведенной ранее, глубинный показатель коррозии рассчитывался по формуле (2):

$$\Pi = \frac{8,76 \cdot v}{\rho} \quad (2)$$

где ρ - плотность металла, г/см³.

Далее приведена Таблица 4, с результатами вычислений, проводимых в ходе исследования.

Таблица 4. Результаты расчетов показателей коррозии

	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄
$V_{кр}$, г/м ч ²	18,98	272,9	28,7
Π , мм/год	13,27173455	308,644466	20,71272
Изменение площади образца, мм ²	167,6	366	171,2
Изменение массы, г	0,0448	0,7734	0,0698

На основании полученных в ходе исследования результатов можно сделать вывод о возможности применимости данной методики определения скорости коррозии гравиметрическим методом для наглядной демонстрации коррозионных процессов и отработки навыков по экспериментальному определению и расчету показателей коррозии. Также результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что наиболее эффективным способом изучения процесса коррозии металла и определения ее скорости является метод выдерживания образцов в азотной кислоте в динамических условиях: в ходе данного опыта наблюдается наибольшее изменение массы и площади образца, скорость коррозии в разы больше по сравнению с другими опытами.

Библиографический список:

1. Авдеенко А.П., Поляков А.Е. Коррозия и защита металлов: Краткий курс лекций. – Краматорск: ДГМА, 2003.
2. Пахомов В.С., Шевченко А.А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии – М.: КолосС, 2009 – 444 с.
3. Коррозия и защита металлов. В 2 ч.Ч. 1. Методы исследований коррозионных процессов : учебно-методическое пособие/ Н.Г. Россина, Н.А. Попов, М.А. Жилиякова, А.В. Карелин, Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019.— 108 с.
4. Яхяев, Н. Ш. Лабораторные методы измерения и приборы контроля коррозии / Н. Ш. Яхяев, А. К. Камолов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 12 (116).

СЕКЦИЯ 19. ЭКОЛОГИЯ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 502.367

Разработка проекта межевания территории в целях установления границ земельных участков

Антонова Н.В.

Научный руководитель – Сератирова В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ подготовка проекта межевания территорий осуществляется с целью определения местоположения границ образуемых земельных участков, необходимых для проектирования и строительства объектов капитального строительства [1]. В связи с этим, в настоящее время, вопросы подготовки проекта межевания территорий, застроенной многоквартирными жилыми домами, являются актуальными.

Границы земельных участков установлены на примере разработки проекта межевания территории, застроенной многоквартирными домами: №1 по улице Семяшкина, №30, №32 по улице Первомайская, нежилыми зданиями №21, №21а по улице Октябрьская, тремя гаражными массивами, в единице планировочной структуры, ограниченной красными линиями улиц: Октябрьская, Первомайская, внутриквартальным проездом и береговой линией реки Чибью в городе Ухте республики Коми».

Размеры земельного участка в границах застроенных территорий устанавливаются с учетом фактического землепользования и градостроительных нормативов, правил, действовавших в период застройки территорий.

Основными задачами проекта межевания территории является внесение изменений в ранее утвержденный проект межевания территории, застроенной многоквартирными домами, тремя гаражными массивами в единице планировочной структуры и установление границ земельных участков, предназначенных для обслуживания объектов, расположенных на данной территории.

Формируемые земельные участки расположены в центральной части г. Ухта, в территориальной зоне многоэтажной застройки и общественно-деловой зоне.

Общая площадь межевания составляет 17771,0 кв.м. Проектом предусмотрено образование четырех земельных участков в кадастровом квартале 11620:0602016. Общая площадь формируемых земельных участков составляет 4187,0 кв.м.

Подготовка проекта межевания территории осуществлялась на основании Схемы территориального планирования МОГО «Ухта», Правил землепользования и застройки МОГО «Ухта», в соответствии с требованиями технических и градостроительных регламентов, нормативов градостроительного проектирования для Республики Коми [2].

Рабочая документация разработана в соответствии с заданием на проектирование на основании следующих документов:

- договор на проектирование объекта;
- сведения государственного реестра недвижимости (информация о земельных участках);
- постановление администрации от 20.09.2016 №2478 «О подготовке проекта межевания территории, застроенной многоквартирными домами №1 по ул. Семяшкина, №№30, 32 по ул. Первомайская, нежилыми зданиями №№21, 21а по ул. Октябрьская, тремя гаражными массивами, в единице планировочной структуры, ограниченной красными линиями улиц: Октябрьская, Первомайская, внутриквартальным проездом и береговой линией р. Чибью в г. Ухте» [3].

Формируемые земельные участки расположены в южной части кадастрового квартала 11620:0602016 (рисунок 1).

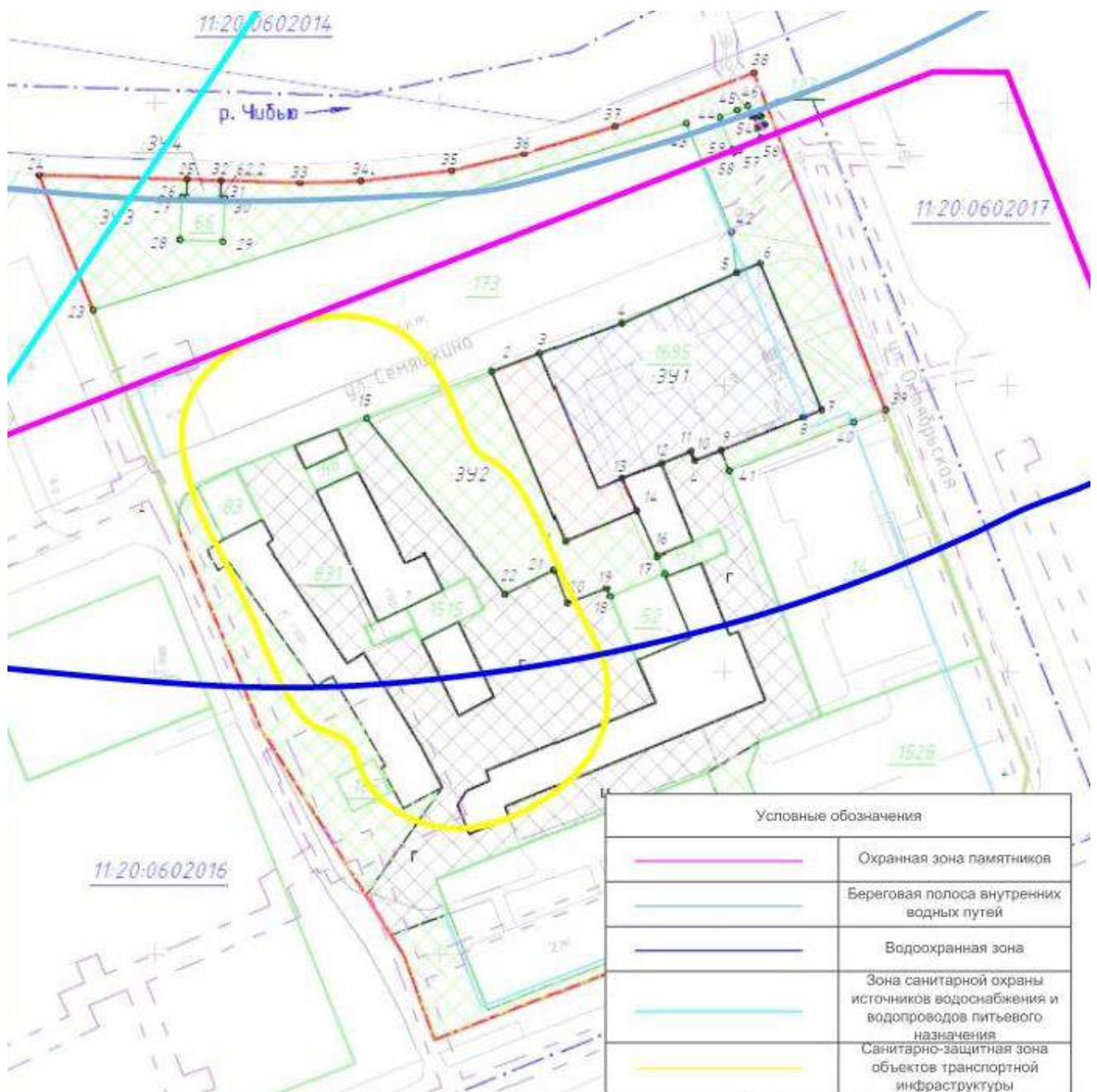


Рисунок 2 - Зоны с особыми условиями территории

В рассматриваемом проекте сформированы земельные участки, расположенные на свободных землях, а также включен земельный участок с кадастровым номером 11:20:0602016:1695, обеспечивающий свободный проезд и проход к смежным землепользованиям и территории зеленых насаждений. Земельный участок :ЗУ1 образован в результате перераспределения земель, находящихся в муниципальной собственности, и земельного участка 11:20:0602016:1695, находящегося в частной собственности. Земельный участок :ЗУ4 сформирован для обеспечения свободного проезда и прохода к земельному участку с кадастровым номером 11:20:0602016:66 (рисунок 3).

Итогом разработки проекта межевания является формирование четырех земельных участков:
Земельный участок №1:

- кадастровый номер: 11:20:0602016:1923;
- адрес: Российская Федерация, Республика Коми, городской округ Ухта, город Ухта, улица Октябрьская, земельный участок 21а;
- площадь уточненная: 1 445 м²;

- разрешенное использование: для размещения гостиниц;
- по документу: гостиничное обслуживание;

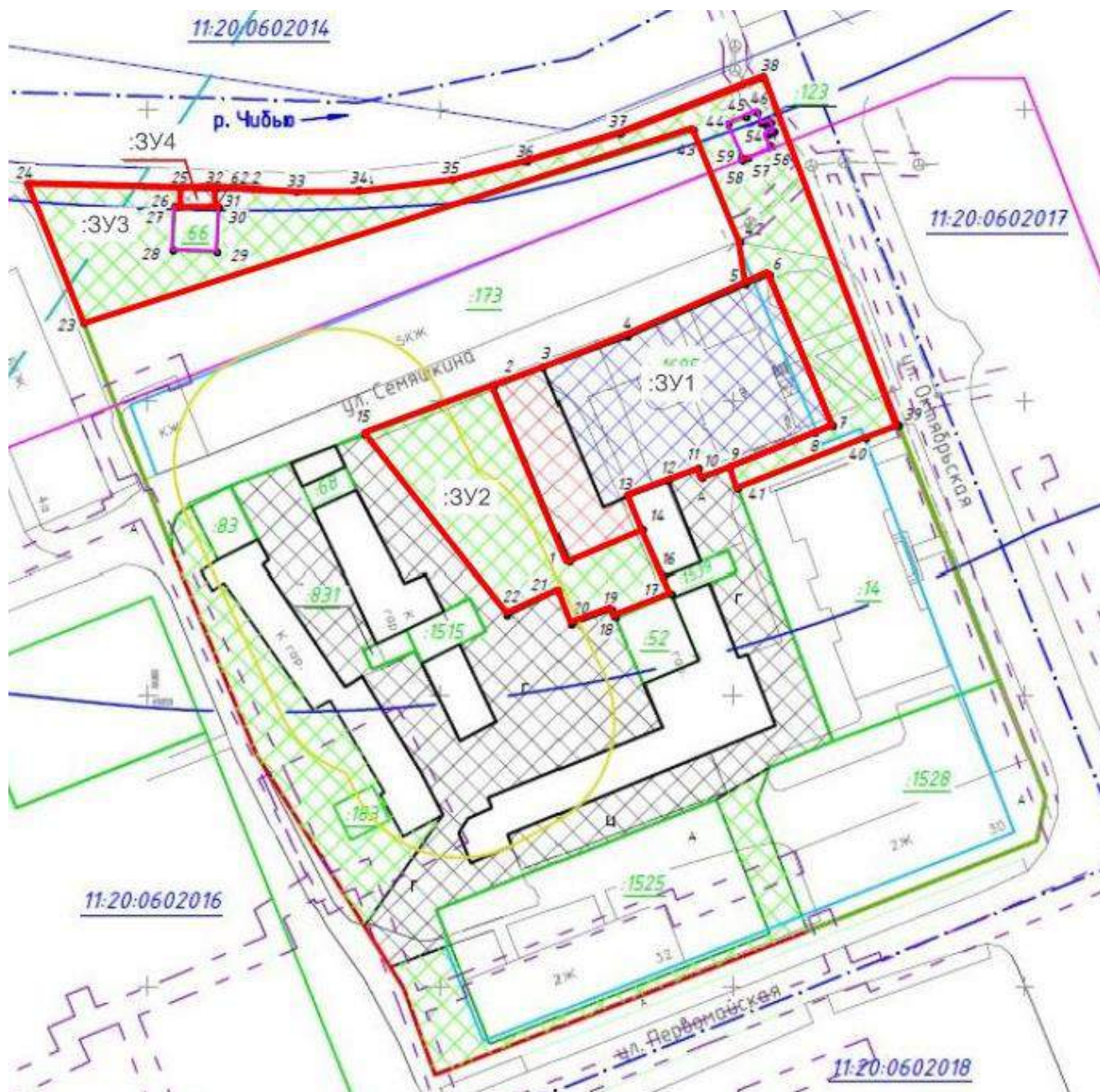


Рисунок 3 – Уточняемые и изменяемые земельные участки

Земельные участки №2, №3:

– выделены для благоустройства территории, данные не отображаются на публичной кадастровой карте.

Земельный участок №4:

– выделен с целью обеспечения свободного проезда и прохода к смежным участкам.

В проекте были подготовлены текстовая и графическая части. В текстовой части отображены цели подготовки и нормативно-правовые документы на которые опирались при составлении проекта межевания, также подробно расписаны данные о формируемых участках. В процессе подготовки графической части был составлен чертеж фактического использования территории с обозначением имеющихся участков и красных линий, также на нем отмечены проектируемые участки, границы зон особых территорий.

В результате разработки проекта межевания территорий выявлено, что образованные

земельные участки расположены в границах зон с особыми условиями использования территорий. Данный факт является основанием для внесения изменений в ранее утвержденный проект межевания территории.

После утверждения проекта межевания данные о сформированных участках внесены в Единый государственный реестр недвижимости.

Библиографический список:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: [федер. закон принят Гос. Думой 22.12.2004: одобр. Советом Федерации 24.12.2004: с изм. внес. ФЗ от 31.12.2017 N 507-ФЗ] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [дата обращения 03.03.2022].
2. Правила землепользования и застройки МОГО «Ухта» // Официальный портал. Администрация МОГО «Ухта». – URL: <https://xn--80a9aci.xn--plai/directions/grad/pzz> (дата обращения 02.03.2022).
3. Постановление администрации от 20.09.2016, №2478 «О подготовке проекта межевания территории, застроенной многоквартирными домами №1 по ул. Семяшкина, №№30, 32 по ул. Первомайская, нежилыми зданиями №№21, 21а по ул. Октябрьская, тремя гаражными массивами, в единице планировочной структуры, ограниченной красными линиями улиц: Октябрьская, Первомайская, внутриквартальным проездом и береговой линией р. Чибью в г. Ухте» // Официальный портал. Администрация МОГО «Ухта». – URL: <https://mouhta.ru/docs/post> (дата обращения 03.03.2022).
4. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 03.08.2011 N 388 «Об утверждении требований к проекту межевания земельных участков» // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ (дата обращения 05.03.2022).

УДК 528.779

Особенности применения наземных методов фотограмметрической съемки

Асеева А.О.

Научный руководитель – Саприн С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время во многих областях науки и технологий является актуальным создание новых методов получения и представления информации. Цифровой мир компьютеров, новые технологии и программы стремятся к решениям полной автоматизации процессов в различных отраслях. Значительные изменения заметны в фотограмметрии и смежных с ней областях.

Используя традиционные методы получения данных, построить трехмерные модели местности и объектов инженерного обустройства достаточно непросто. Новые методы фотограмметрии обладают большим потенциалом предоставления топографической информации для геолого-геодезических исследований при значительно меньших затратах, чем классические топографические съемки и лазерное сканирование. Полученные материалы наземной фотограмметрической съемки дают возможность решать подобные задачи быстро и оперативно, так как вся информация находится в едином трехмерном пространстве. Наземная фотограмметрическая съемка применяется во многих сферах инженерии и науки, в том числе при геодезических изысканиях инженерных объектов, где необходимо отразить положение в пространстве.

Наземная фотограмметрическая съемка является разновидностью фотограмметрии. С самого начала основным применением этой науки было создание карт, но она успешно используется в таких областях, как промышленная метрология, архитектура, мониторинг земель и других. Высокопроизводительный метод съемки и время ее выполнения в сочетании с современными способами обработки и представления информации позволяют считать данный метод одним из наиболее перспективных. Главным плюсом подобных изысканий можно

считать значительное сокращение полевых работ и возможность проведения съемки в труднодоступных местах земной поверхности [1]. Применяя результаты обработки фотограмметрической съемки различных объектов инженерной инфраструктуры, можно не только составлять их трехмерные модели, но и наблюдать за деформациями, а также составлять прогнозы по дальнейшему функционированию. Значительный объем данных, полученный при проведении съемки, позволяет автоматизировать процесс получения дополнительной информации об объекте.

На начальных этапах использования любой новой технологии пользователь сталкивается с трудностями, связанными с качеством конечного продукта. Зачастую, неправильный методический подход приводит к разочаровывающим результатам и отказу от использования технологии. При создании фотограмметрической модели необходимо руководствоваться и соблюдать рекомендуемые приемы и правила при проведении наземной съемки:

- съемка должна проходить с различных точек;
- площадь перекрытия соседних снимков должна быть более 50% получаемого кадра;
- необходимо эффективно использовать кадр, чтобы максимально исключить пространство, которое не относится к объекту съемки;
- избыток фотографий предпочтительнее, чем их недостаточное количество;
- при съемке нужно ориентироваться в центр объекта как в случае одиночных изолированных объектов, так и при съемке интерьеров [2].

Наземная фотограмметрическая съёмка — раздел фотограмметрии, в котором излагается фотограмметрическая обработка снимков, полученных с помощью фотокамер, установленных на земной поверхности [3]. Этот метод съемки содержит в себе немало плюсов, и преимущественными являются следующие:

- съемка мест, до которых физически трудно добраться;
 - возможность использования исторических фотографий для анализа того, чего больше не существует;
 - получение избыточной информации об объекте, которая может быть использована позднее;
 - возможность использования фотокамеры вместо геодезического оборудования;
 - нет необходимости в дорогостоящем оборудовании;
 - значительная экономия времени изыскательских работ;
- и др.

Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры и пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объём на момент съёмки и изменения их величин через заданный интервал времени [4]. Классификация съёмочных камер и систем, применяемых в наземной фотограмметрии, разнообразна. Съёмочное оборудование, начиная от обычных фотокамер и заканчивая многокамерными съёмочными системами со спутниковыми приемниками и лазерным дальномером, в зависимости от желаемого результата создаваемой модели, дадут достаточно качественный материал (рис.1). Выбор метода для получения материалов с наземной фотосъемки будет зависеть от основных задач, которые необходимо решить. В одних случаях, когда необходимо получить координаты точек только одной плоскости, достаточно производить съемку объекта с одной точки стояния и выполнить построение ортофотоплана. Такое бывает реже, чем при выполнении построения трехмерной модели. В этих случаях съемка производится с базисов фотографирования с получением маршрута или блока снимков. Несмотря на выбор метода, необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить заданную точность определения координат точек при минимальном количестве станций;
- выбрать величину базиса фотографирования;
- фотографировать объект без получения мертвых зон;
- обеспечить дальнейшее дешифрирование.



Рисунок 1 – Способы получения информации

Методы с использованием спутниковых приемников и встроенных фотокамер играют большую роль в наземной фотограмметрии. ГНСС обычно является основой, или вступает в качестве вспомогательного компонента совместно с классическими геодезическими или фотограмметрическими методами. Развитие технологии цифровых камер с высоким уровнем разрешения и совершенствование программного обеспечения позволило проводить высокоточные трехмерные измерения координат всех видов и диапазонов поверхностей. Кроме того, информация о камере и местности может быть объединена в аналитическую модель, которая может вычислять координаты объектов с использованием методов фотограмметрии (на базе персонального компьютера). Главным преимуществом является возможность определения фактических координат и высотных отметок любой точки на 3D-модели, выполненной по фотоснимкам. Высокая точность измерения, исключение человеческого фактора и наличие компенсации угла наклона повышает эффективность и информативность съемки при использовании спутникового геодезического оборудования.

В отличие от способа с применением ГНСС-приемников, использование фотокамер при съемке может быть доступным для большего числа пользователей. На многих платформах для сбора изображений может использоваться практически любой тип камеры. Однако не стоит забывать о том, что выполнение работ может сопровождаться и геодезическим обоснованием местности. Это необходимо выполнить для внешнего ориентирования фотоснимка (его привязки). Для одиночного снимка необходимо не менее трех планово-высотных точек, а для модели двух планово-высотных плюс одна высотная точка. В таком случае, рекомендовано производить избыточное измерение, чтобы избежать повторных съемок [3]. Несомненно, точность при построении 3D-моделей трудно спрогнозировать с уверенностью, и она сильно

зависит от деталей съемки и сбора данных, включая методы географической привязки. Но не все модели изначально имеют географическую привязку, и, если доступны измерения положения камеры, они могут ускорить обработку данных, улучшить результаты трудно сопоставимых изображений и определить их местонахождение.

На основании выше сказанного, можно подчеркнуть важность в современном мире разработки новых способов получения информации и ее обработки. Современная фотограмметрия наземных методов получила множество технических средств для реализации цифровых способов представления данных. Среди особенностей применения наземных способов можно выделить значительное сокращение полевых работ, а также снижение их стоимости за счет более доступного оборудования. С целью сокращения объема полевых работ можно уменьшать масштаб съемки, что в последствии приведет к дальнейшему повышению точности фотограмметрических процессов. Имеющим большое значение фактором в настоящее время является сокращение времени для фотограмметрической обработки данных и решений задач в различных областях инженерных изысканий. Вместе с этим, применение цифровых методов фотограмметрии позволяет сделать представление информации еще более разнообразным.

Библиографический список:

1. Кутилова, Л. Применение наземной фотограмметрической съемки для анализа деформаций сооружений / Л. Кутилова, А. Ю. Чермошенцев // Сборник статей по материалам международного научного конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь». – 2020. – № 6. – С. 200-204.
2. Старовойтов, А.В. Нестрогая фотограмметрия как базовый метод для создания высокоточных планов раскопа на всех уровнях вскрытия // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2020. – № 2. – С. 314-330.
3. Скрыпицына, Т. Н. Лабораторный практикум по дисциплине «Наземная фотограмметрия» и «Основы архитектурной фотограмметрии»: Методические указания / Т. Н. Скрыпицына, С. Б. Макаров. – М.: МИИГАиК, 2017. – 76 с.
4. Краснопевцев, Б. В. Методическое пособие, программы и контрольная работа по курсу "фотограмметрия" / Б. В. Краснопевцев, В. М. Курков. –М.: МИИГАиК, 2012, -74 с.

УДК 628.311

Разработка способа очистки сточной воды, образующееся при получении фенолзамещающей фракции из жидких продуктов быстрого пиролиза древесины

Бикбулатова Г.М., Валеева А.Р., Валиуллина А.И.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

На территории РФ и в мире образуется огромное количество отходов лигноцеллюлозной биомассы, которая образуется в результате сельскохозяйственной деятельности, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Данные отходы успешно в результате пиролиза перерабатываются в жидкие, газообразные и твердые продукты. Жидкие продукты в свою очередь могут применяться как топливо, красящие вещества, заменители фенола, в дорожной промышленности, как ценные химические вещества при фракционировании и др. Однако, при получении вышеперечисленных продуктов неизбежно образуется водная фракция, которая имеет сложный химический состав, в основном представленный уксусной кислотой, фенолами, фурфуролом. При проведении аналитического обзора выявлено возможное выделение данных продуктов из водорастворимой фракции (древесный уксус), однако их содержание мало большая часть состава это - вода до 95% и экономически не целесообразно.

Также выявлено возможное использование древесного уксуса в сельскохозяйственной промышленности в качестве органической добавки, стимулирующей рост растение, улучшение

вкуса плодов, ускорение прорастание семян, уменьшение количества сорняков, удаление грибка и плесени, отпугивание насекомых и др. Данные исследования позволяют предположить, что древесный уксус может быть применен на большие поля и посевы для выращивания различных видов растений.

Также следует учитывать, что количество образуемого при быстром пиролизе водорастворимой фракции не сопоставимо при использовании ее только в качестве органической добавки и более того потенциальные производители могут отказаться от данного использования. Встает острый вопрос для коммерциализации процесса пиролиза утилизация древесного уксуса как сточной воды. Данные исследования направлены на решение данной задачи и возможности утилизации стока в центральные канализационные системы.

В настоящей работе проведено исследование очистки сточной воды с применением сорбента. Продукты пиролиза были получены на установке FPP-02, разработанной компанией Энерголеспром [1]. Пиролизную жидкость и биоуголь получали из измельченной древесины березы при температуре 500 ± 50 °С. Влажность древесины составляла $8 \pm 0,5\%$ (ASTM D4442-16); содержание золы составляло 0,3%, (ASTM D1102-84); размер щепы древесины составлял 0,5–5,0 мм при среднем размере 1,2 мм. В качестве модельной сточной воды использовался вакуумный дистиллят жидких продуктов быстрого пиролиза древесины. В качестве модельной сточной воды использовался вакуумный дистиллят жидких продуктов быстрого пиролиза древесины. Вакуумная дистилляция осуществлялась при остаточном давлении 20 КПа и температуре 80 °С в реакторе с мешалкой.

Для возможности очистки сточной воды были исследованы ее состав и свойства (плотность стока 1,0-1,15 г/см³, рН 2,5-3,0). Состав был определен методом ГХ/МС газовой хромато-масс-спектрометрии проводился на приборе GCMS-QP2010 фирмы «Shimadzu» на колонке HP-1 MS. Состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав и свойства сточной воды, полученной при быстром пиролизе древесины

Химическое наименование	Массовая доля, %	CAS№
Уксусная кислота	1,93 - 22	64-19-7
Пропионовая кислота	0,05 - 1,03	79-09-4
Бутановая кислота	0,14 - 0,45	107-92-6
Кротоновая кислота	0,008 - 0,05	107-93-7
Фурфурол	0,43 - 2,52	98-01-1
Метоксифенолы (по 2-метоксифенолу)	1,63 - 5,78	90-05-1
Вода	75-94	7732-18-5

Анализ состава показывает сложный химический состав сточной воды, состоящей преимущественно из органических загрязняющих веществ, что подтверждается высоким значением химического потребления кислорода (ХПК) ≈ 120000 мг/. Кроме того, отход имеет низкое значение водородного показателя рН ≈ 2 , что в совокупности обуславливает дополнительные сложности при очистке ввиду невозможности применения большинства традиционных методов биоокисления, сорбции, ультрафильтрации. Согласно результатам биотестирования, летальная кратность разбавления рассматриваемого стока оставляет 714,3 раза, что характеризует его крайнюю токсичность. Входящие в состав метоксифенол и фурфурол обладают канцерогенным и мутагенным действием. Такая жидкость представляет опасность как для экосистемы в случае попадания в окружающую среду, так и для здоровья человека. В этой связи с целью нейтрализации и снижения концентрации дисперсной фазы предложены методы коагуляции и флокуляции [2]. Процесс проводился с предварительной нейтрализацией 20% раствором гидроокисью натрия до достижения рН $\approx 6,5$ и добавлением 50 мг/л 10% раствора оксихлорида алюминия в качестве коагулянта, перемешиванием, последующим введением 3 мг/л флокулянта 1% раствора полиакриламида марки 1150 и

повторным перемешиванием. Далее образовывался осадок, который отделялся фильтрованием.

Сорбция позволяет достигать низких концентраций загрязняющих веществ в очищаемой воде при условии правильно подобранного адсорбента. В нашем случае использовался биоуголь, полученный на FPP 02 (рис.1 а, б). Выход биоугля при переработке отходов древесины березы составляет 20 - 25% в зависимости от температурных параметров процесса. Свойства биоугля представлены в таблице 2.

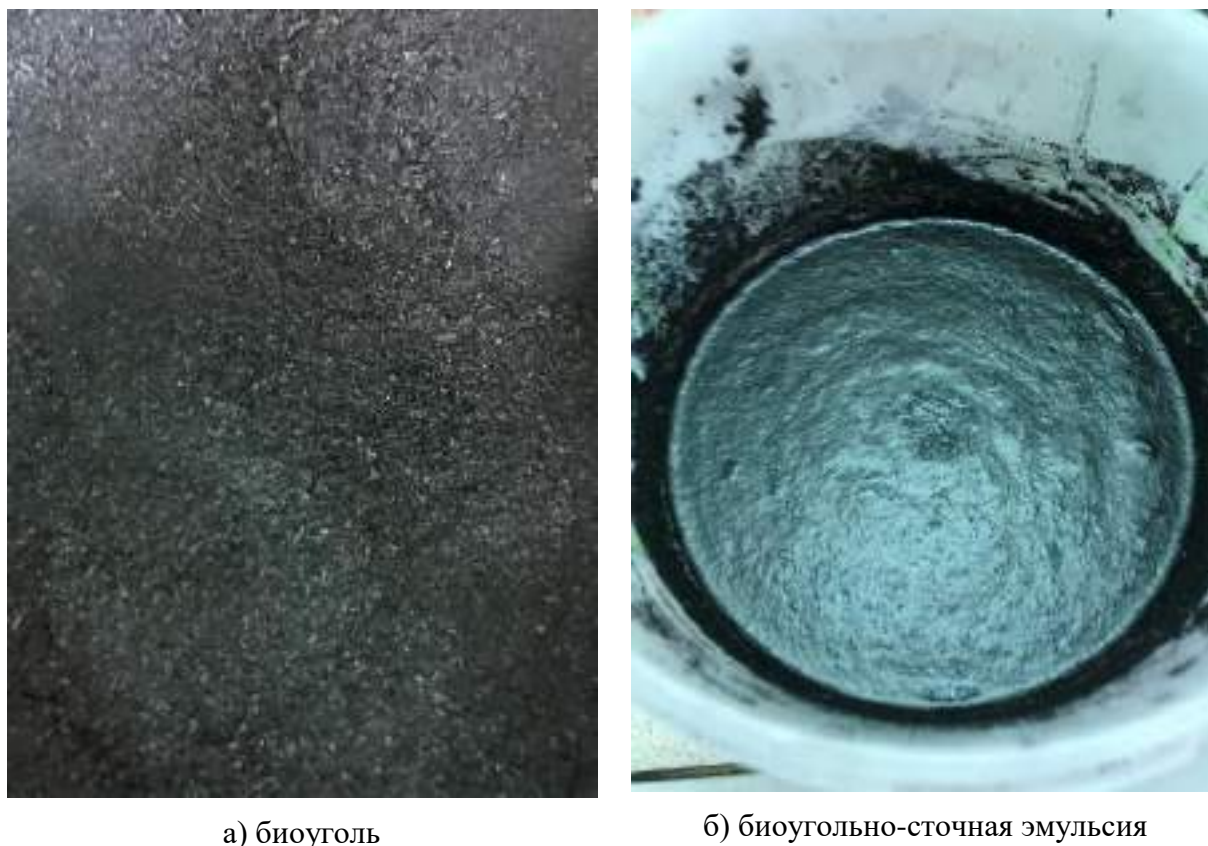


Рисунок 1 – Сорбция сточной воды

Таблица 2 – Свойства биоугля полученного на установке FPP-02

№	Параметр, единица измерения	Значение
1.	Низшая теплота сгорания, МДж/кг	30-35
2.	Плотность, кг/м ³	260-380
3.	Содержание углерода, % мас.	60-80
4.	Зольность, % мас.	Менее 6

Адсорбция проводилась в статических условиях. Сточная вода объёмом 100 мл с помощью мешалки перемешивалась с биоуглём массой 100 г в течении 3-х часов, после чего проба очищалась фильтрованием. Далее у образца определяли рН и химическое потребление кислорода (ХПК).

Определение ХПК. Определение ХПК проводили ускоренным методом обратного титрования. Предварительно измерялась холостая проба, которая состояла из 1 мл дистиллированной воды, 2.5 мл 0.25 н раствора бихромата калия и 7.5 мл концентрированной серной кислоты. В результате образовывался раствор светло-коричневого цвета. Далее к нему добавляли индикатор - раствор н-фенилантраниловой кислоты. После чего проводили титрование полученной смеси 0,25 н раствором соли Мора. Титрование прекращали после окрашивания раствора в светло-зеленый цвет. Средний расход раствора Мора составил для двух параллельных проб 2.35 мл.

После чего было проведено титрование исследуемых образцов, где вместо дистиллированной воды добавлялась анализируемая проба. Перед титрованием пробу сточной воды необходимо было разбавить в 100 раз дистиллированной водой в связи с высоким содержанием органических веществ. Вычисление ХПК проводили по формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{(V_x - V) \cdot 0.25 \cdot 8 \cdot 1000}{V_{\text{п}}}$$

где V_x - объём титранта при титровании холостой пробы, V - объём титранта при титровании анализируемой пробы, 8 - кислородное число, 0.25 - нормальность раствора соли Мора, $V_{\text{п}}$ - объём пробы.

Определение рН выполнено потенциометрическим методом с использованием рН-метра марки КП-150 МИ.

Адсорбция в статическом режиме приводит к снижению ХПК до 50000 мгО/л, эффективность 58,3%, что является максимальным значением в лабораторных условиях, т.к. в промышленности адсорберы работают в динамическом режиме. Данный результат не позволяет рекомендовать этот сток для сброса в центральную КНС на территорию РФ, где норматив по рассматриваемому параметру составляет 500 мгО/л. Таким образом, разрабатываемая технология требует окончательной доочистки, в качестве которой предполагается система обратного осмоса, либо использование биологической очистки. Также следует провести исследования по активации биоугля полученного при пиролизе древесины и использования его как сорбент для очистки сточной воды.

Библиографический список:

1. Resole-Type Phenol–Formaldehyde Resin with Neutralized Liquid Products of Fast Pyrolysis of Birch Wood/ S.A. Zabelkin, A.N. Grachev, G.M. Bikbulatova, A.E. Yakovleva, A.A. Makarov, V.N. Bashkirov // Polymer Science - Series D – 2018. – V11. - №2. – с.131-134.
2. Очистка сточных вод, образующихся при пиролизе древесины / Г. М. Бикбулатова, А. Н. Грачев, В. О. Дряхлов, В. Н. Башкиров // Химическая технология. – 2021. – Т. 22. – № 11. – С. 488-492. – DOI 10.31044/1684-5811-2021-22-11-488-492.

УДК 628.323

Биосорбционная очистка сточных вод с использованием сорбционного материала на основе растительных отходов

Дао М.У.¹, Сироткин А.С.¹, Клементьев С.В.¹, Нгуен В.Т.², Ты Т.Ч.², Ле В.Т.³

1- Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

2- Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment, Ho Chi Minh city, Vietnam,

3- Center for Advanced Chemistry, Institute of Research & Development, Duytan University, Danang, Vietnam

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды сточными водами остается чрезвычайно актуальной. В связи с развитием текстильной, полиграфической и металлургической промышленности, распространенными загрязняющими веществами сточных вод являются тяжелые металлы и красители. Высокая токсичность сточных вод, содержащих красители и тяжелых металлов, не позволяет сбрасывать их в водоемы и осуществлять совместную очистку с другими промышленными стоками. Для снижения рисков данных стоков для окружающей среды используются различные технологии, основанные на применении физико-химических и биологических способов очистки, таких как химическое окисление, адсорбция, коагуляция, флокуляция, биоокисление и биовосстановление.

При этом следует принимать во внимание, что основным способом очистки смешанных сточных вод различного состава является биологическая очистка в аэробных условиях,

направленная на биоокисление примесей сточных вод с использованием микроорганизмов активного ила или биопленки. Несмотря на высокую эффективность и экологическую привлекательность, данный метод обладает рядом недостатков, к которым относятся необходимость строгого соблюдения режима очистки и постоянного регулирования рН сточных вод, длительное время обработки. Более того, очистка сточных вод биологическим методом имеет ограничения, связанные с наличием в составе сточных вод высоких концентраций токсичных веществ, таких как красители и тяжелые металлы.

Для повышения эффективности и стабилизации процесса биологической очистки в зоне аэрации размещается полимерная блочная загрузка различных типов и химической природы, способствующая закреплению и росту микроорганизмов активного ила на её поверхности и накоплению биомассы в объеме сооружения.

Другим весьма эффективным вариантом модернизации процесса биологической очистки в аэротенках является внесение в зону аэрации порошкообразных материалов с большой удельной поверхностью, разнообразными функциональными группами и способностью действия в широком диапазоне рН. Использование таких сорбентов на основе возобновляемого растительного сырья представляется более перспективным, нежели применение полимерной объемной загрузки в биологической очистке сточных вод. Использование адсорбционной емкости сорбционного материала позволяет обеспечить эффективность очистки сточных вод в короткие сроки и удалить различные загрязняющие вещества, обладающие токсичностью.

Целью данной работы является оценка эффективности биологической очистки сточных вод от красителей и тяжелых металлов активным илом в присутствии углеродного сорбента, полученного из семян *Litsea glutinosa* в качестве сырья.

Образец порошкообразного углеродного сорбента был получен путем последовательной химической обработки сырья растворами $FeCl_3$ и KOH в качестве активаторов и дальнейшей карбонизации при $450\text{ }^{\circ}C$ в течение 60 мин [1].

Образцы исследуемых сточных вод и активного ила были отобраны из биологических очистных сооружений канализации города Зеленодольск. Их характеристики представлены в таблице 1.

Для определения эффективности биологической очистки сточных вод от красителей и тяжелых металлов при сочетании активного ила и углеродного сорбента дозой 1 г/дм^3 в сточных водах вносили определенные количества растворов никеля ($Ni(II)$) и метиленового синего (МС) с исходной концентрацией 20 мг/л и проводили процесс биосорбционной очистки в аэробных условиях в течение рекомендуемого времени $4,5\text{ ч}$ согласно периоду аэрации сточных вод на очистных сооружениях.

Качество очищенных сточных вод анализировалось по таким показателям, как химическое потребление кислорода (ХПК), концентрации метиленового синего (МС) и ионов никеля, иловый индекс. Концентрации МС и ионов никеля определяли спектрофотометрически: МС при длине волны 640 нм , ионов никеля – 470 нм с использованием в качестве реагента диметилглиоксима [2, 3]. Значение ХПК и илового индекса определяли по стандартной методике [4].

ХПК является одним из основных качественных показателей степени загрязнения сточных вод органическими соединениями. На основе полученных результатов (рис. 1) было установлено, что при добавлении углеродного сорбента в активный ил (АИ) эффективность биологической очистки сточных вод (СВ) увеличивалась в 3 раза и достигала до 83 %. Более этого, наличие в сточных водах токсичных веществ, таких как красители и тяжелые металлы, практически не влияет негативно на процесс биосорбционной очистки.

Необходимо отметить, что углеродный адсорбент с пористой структурой и большой площадью поверхности обладает способностью удалять токсичные вещества из сточных вод, содержащих МС и ионы никеля. В присутствии углеродного сорбента эффективность очистки сточных вод активным илом значительно возрастала, особенно по удалению ионов никеля (рис. 2).

Таблица 1 – Характеристики сточных вод, поступающих на биологическую станцию очистных сооружений (ноябрь, 2021 г.)

Параметры	Значение
Температура, °С	18 ±3
Реакция среды pH, ед	7,5 ±0,2
Степень прозрачности, см	0,5
Осадок по объему, см ³ /дм ³	2,33
Осадок по весу, мг/дм ³	52,13
Взвешенные вещества (105°С), мг/дм ³	112,67
Доза ила, г/дм ³	2,2
БПК ₅ , мг/дм ³	163,33
БПК ₂₀ , мг/дм ³	377,33
ХПК, мг/дм ³	498,33
Метиленовый синий, мг/дм ³	20 ±2
Ионы никеля, мг/дм ³	20 ±2

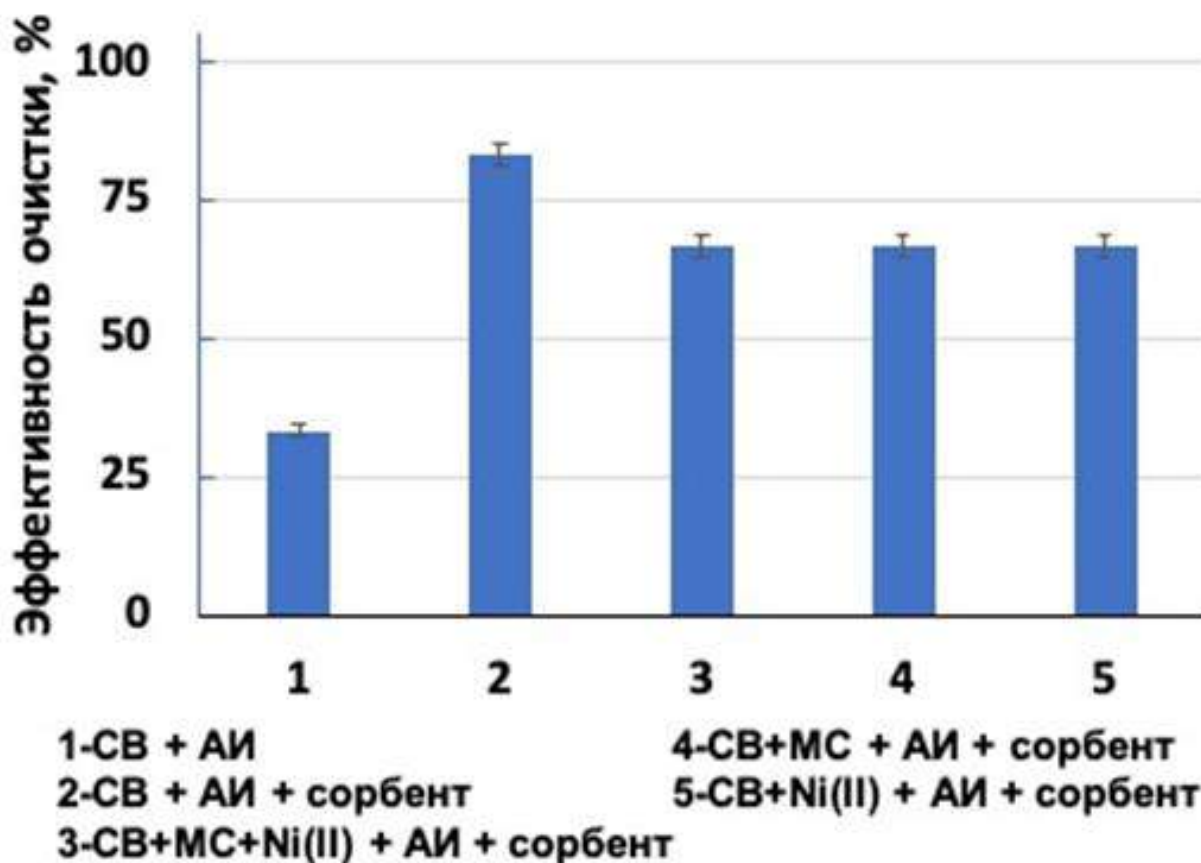


Рисунок 1 - Эффективность биологической и биосорбционной очистки сточных вод по ХПК с использованием углеродного сорбента на основе семян *Litsea glutinosa*

Еще одним показателем оценки эффективности использования углеродного сорбента для биологической очистки сточных вод в данном исследовании являлся иловый индекс. Из рис. 3 видно, что значение илового индекса уменьшается в присутствии углеродного адсорбента, что может быть связано с электростатическим взаимодействием между поверхностями активного ила и сорбента, вследствие чего обеспечивается лучшее осаждение активного ила и отделения его от очищенной воды.

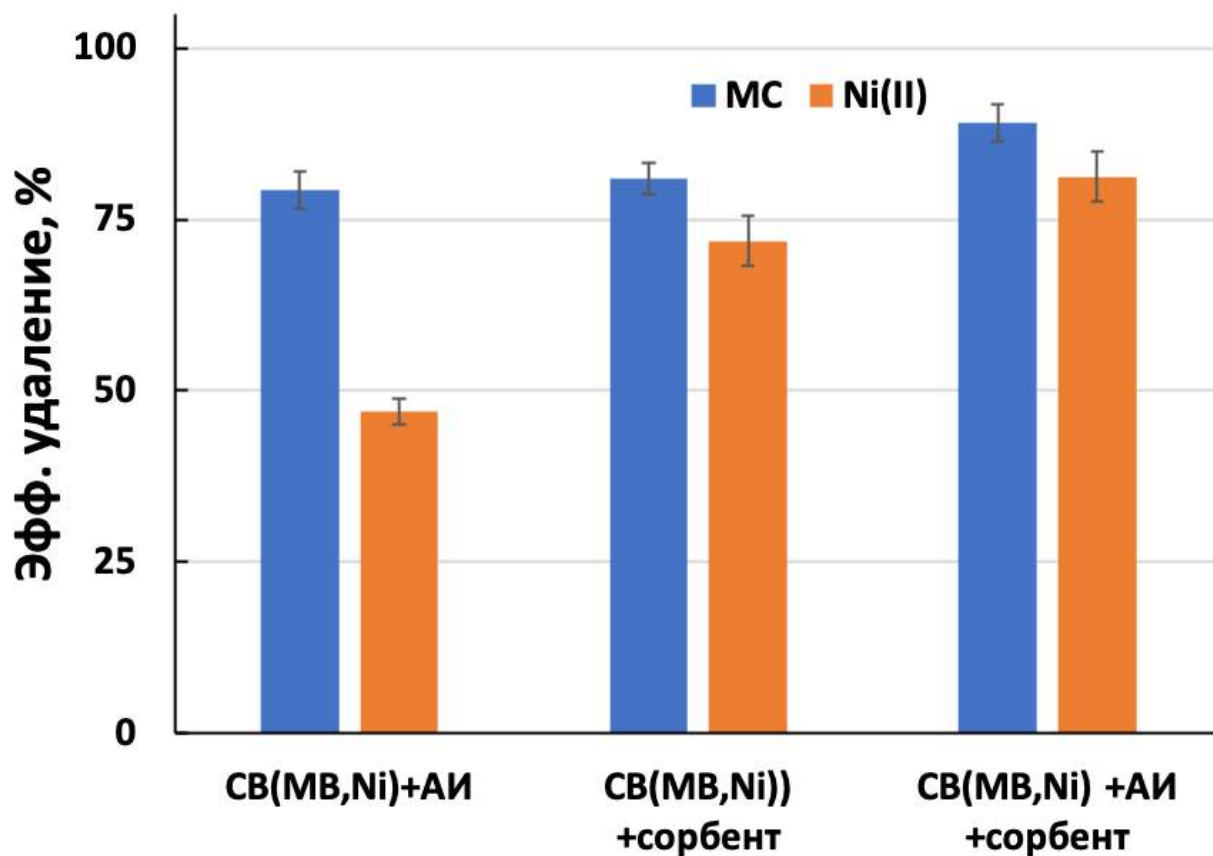


Рисунок 2 - Эффективность удаления МС и ионов никеля из сточных вод

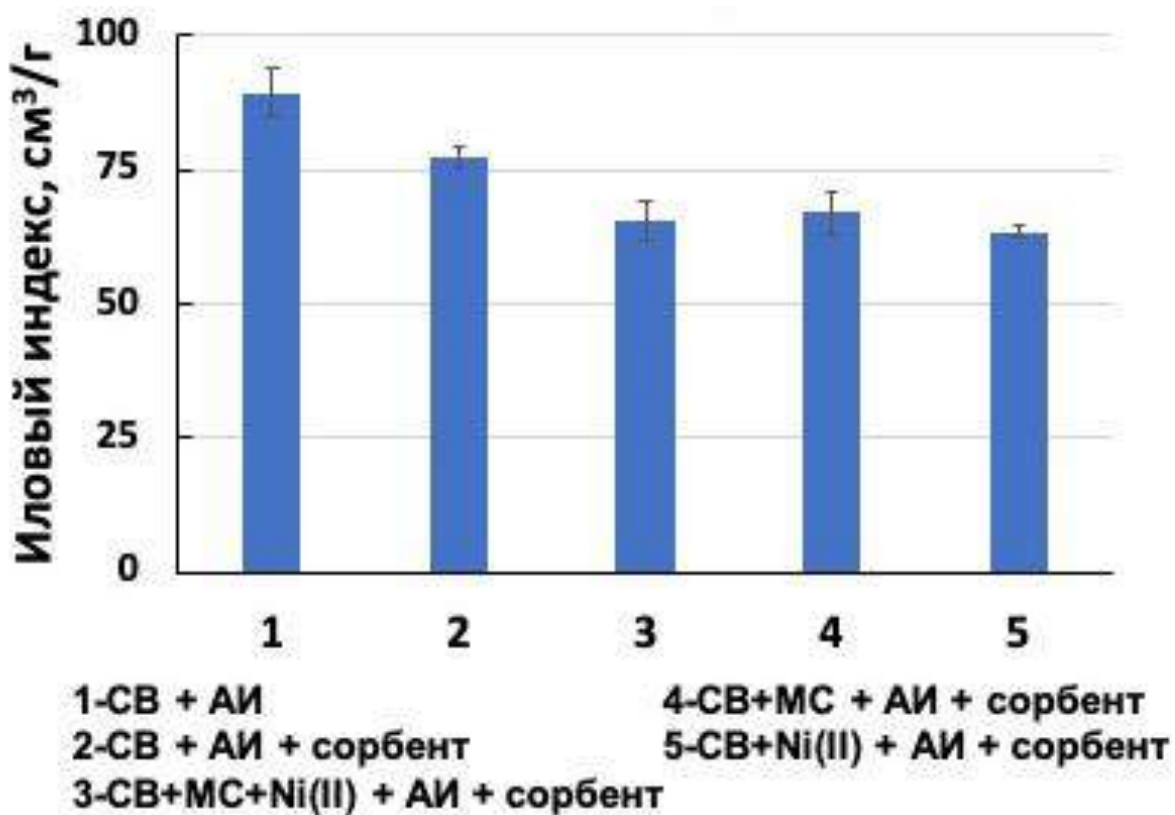


Рисунок 3 - Значения илового индекса в биологическом и биосорбционном процессах очистки сточных вод

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что внесение порошкообразного углеродного сорбента в активный ил повышает эффективность удаления загрязняющих веществ, в том числе красителей и тяжелых металлов. Кроме того, следует отметить, что углеродный сорбент оказывает положительное действие на процесс биологической очистки с повышением эффективности седиментации активного ила.

Библиографический список:

1. Получение активированного угля из семян *Litsea glutinosa* путем гидротермальной карбонизации / М. U. Dao, A. S. Sirotkin, V. T. Le, T. T. L. Vo, H. Y. Hoang // Пищевые технологии и биотехнологии. XVII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 20–23 апреля 2021 г.) : материалы конференции /под ред. А. С. Сироткина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед.технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – с. 367-370.
2. ГОСТ 6965-75. Группа Л29. Красители органические. Метод спектрофотометрического испытания.
3. ПНД Ф 14.1:2.46-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации никеля в природных и сточных водах фотометрическим методом с диметилглиоксимом. – М: Издание 2013 г. / – 2013.
4. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода – Введ. 2014.01.01. – М.: Стандартинформ. 2014. – 7с. / Council I., Standardization F.O.R. – 2014.

УДК 502.11:33(470.13)

Экодиагностика административных районов Республики Коми с использованием метода эколого-хозяйственного баланса

Дроздова А.Р., Сажин А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В последние десятилетия одной из стратегических целей развития Российской Федерации является обеспечение движения государства по направлению к устойчивому развитию (УР) [1]. На региональном уровне это, в частности, выражается в улучшении (сохранении) состояния экологических индикаторов УР, в частности, сохранении площадей с природными экосистемами – природно-экологический каркас территории (ПЭК). Необходимо не только определять участки ПЭК, но и отслеживать его изменение во времени. Работы в этом направлении реализуются с помощью разных методов. Наиболее доступные из них – экодиагностика крупных территорий с помощью дистанционных исследований, а также с помощью анализа показателей эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ), причем для условий Республики Коми (РК) оба подхода показывают сходные результаты [2, 3]. Целью данной работы является проведение экодиагностики административных районов Республики Коми с использованием метода ЭХБ. Для проведения исследований использовались главным образом данные статистической отчетности по земельным ресурсам, а также опубликованные и интернет-источники по этой тематике.

Концепция эколого-хозяйственного баланса территории, сформулированная Б. И. Кочуровым, предполагает сбалансированное соотношение разных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества, воспроизводство природных (возобновляемых) ресурсов и не вызывает экологических изменений и последствий [2]. В соответствии с ней природопользование по площади и интенсивности должно быть лимитировано, причем лимиты интенсивного использования территории строго ориентированы на её природные особенности.

Концепция ЭХБ логически сочетается с концепцией биотического регулирования

биосферы В. Г. Горшкова [4], в соответствии с которой нарушение экологического равновесия в биосфере, ведущее в дальнейшем к ее необратимой деградации и утрате биосферных функций, возникает при утрате определенной площади природных экосистем, то есть при хозяйственном освоении. Отсутствие в сдвиге экологического баланса крупных по площади территорий обеспечивается при некотором соотношении интенсивно и экстенсивно эксплуатируемых участков. Главным индикатором экологически-благополучной территории является зонально обусловленный объем живой природной биомассы (включая ее ежегодный прирост). Чем менее благоприятны природные условия, тем большие площади необходимы для обеспечения необходимого объема биомассы.

Таким образом, для достижения цели исследования был применен следующий алгоритм:

- проведен обзор зональной природной изменчивости территории РК;
- для всех природных подзон выявлены критерии допустимых площадных лимитов интенсивного воздействия $\lim_{\text{инт}}$;
- выбран показатель ЭХБ (коэффициент относительной напряженности K_0), отражающий соотношение площадей интенсивного и экстенсивного использования (соответственно ИИ и ЭИ);
- проведена качественная дифференциация территории РК по степени антропогенной нагрузки;
- для каждого административного образования РК рассчитан коэффициент относительной напряженности K_0 ;
- для различных природных подзон произведено приведение значений $\lim_{\text{инт}}$ к K_0 ;
- для каждого административного образования РК проведена экодиагностика современного состояния территории путем сравнения рассчитанного коэффициента K_0 с приведенным показателем $\lim_{\text{инт}}$.

Для выявления базовых критериев диагностики экологического состояния территории РК и с учетом её зонального природного разнообразия, необходимо иметь представление о локализации основных видов природных зон/подзон. В РК наблюдается их смена от южной кустарниковой тундры на севере до южной тайги на юге. Как результат, в равнинной части с юга на север на расстоянии 1300 км последовательно сменяют друг друга южная, средняя, северная, крайнесеверная подзоны тайги, лесотундра и субарктическая (южная кустарниковая) тундра. Зональные изменения на равнинах хорошо прослеживаются за счет распределения растительного покрова, живая естественная биомасса которого определяет лимиты допустимого интенсивного использования территории.

При определении этого лимита ($\lim_{\text{инт}}$) использовалась обзорная карта, составленная Н.Ф. Реймерса [5], уточненная для Арктической зоны РК в работах Г. Г. Осадчей и Т. Ю. Зенгиной. По значению $\lim_{\text{инт}}$ административные районы РФ были разделены на группы по преимущественному развитию природной подзоны на конкретной территории:

$\lim_{\text{инт}}$ менее 5 % (северная лесотундра, южная кустарниковая тундра) – Воркутинский;

$\lim_{\text{инт}}$ 5-10 % (южная лесотундра, крайнесеверная тайга) – Интинский, Усть-Цилемский, Усинский;

$\lim_{\text{инт}}$ 10-20 % (средняя и северная тайга) – Сыктывкарский, Вуктыльский, Ижемский, Княжпогостский, Койгородский, Корткеросский, Печорский, Сосногорский, Сыктывдинский, Сысольский, Троицко-Печорский, Удорский, Ухтинский, Усть-Вымский, Усть-Куломский;

$\lim_{\text{инт}}$ до 50 % (южная тайга) – Прилузский.

Для возможности сравнения площадных лимитов интенсивного использования и показателей ЭХБ, из последних для диагностики современного экологического состояния территории наиболее применимым следует считать коэффициент относительной напряженности K_0 , так как охватывается вся анализируемая территория. Он рассчитывается как частное от деления площади с интенсивным воздействием ИИ на природные комплексы на площади с экстенсивным воздействием ЭИ. Для его расчета были использованы преимущественно статистические материалы по структуре земельного фонда каждого их административных районов РК. Все категории земель были поделены по степени антропогенной нагрузки (АН) на 6 категорий (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация земель по степени антропогенной нагрузки

Степень АН	Виды и категории земель
Высшая	Земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли
Очень высокая	Осушаемые земли
Высокая	Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы, используемые нерационально
Средняя	Многолетние насаждения, рекреационные земли
Низкая	Сенокосы; леса, используемые ограниченно, оленьи пастбища, болота
Очень низкая	Природоохранные и неиспользуемые земли

Группировка земель по степени АН позволяет оценить антропогенную преобразованность территории. К территориям ЭИ относятся земли с низкой и очень низкой антропогенной нагрузкой, остальные – к территориям ИИ.

В результате для каждого административного образования РК был рассчитан коэффициент относительной напряженности K_o : ИИ/ЭИ. Полученные значения для административных районов различаются и изменяются в интервале величин 0,02-0,45 дол. ед.

Для анализа экологической ситуации необходимо, как уже указывалось, соотнести площадные лимиты освоения территории и показатели K_o . Для этого предлагается рассчитать K_o^{lim} – предельно-допустимое значение коэффициента K_o , которое определяется лимитом использования территории, и далее сравнивать его с полученным K_o . По соотношению этих значений можно судить о напряженности экологического состояния территории. Для сравнительно малонарушенных территорий целесообразно оценивать, во сколько раз они отличаются.

Следующим шагом исследования было приведение значений $lim_{инт}$ к K_o для различных природных подзон, а значит и для различных административных территорий РК.

Как отмечалось ранее, лимит использования территории для разных административных районов РК меняется от менее 5% в тундре и северной лесотундре до 50 % в южной тайге, что, по сути, определяет предельно-допустимое значение ИИ^{lim}. Так как (ИИ+ЭИ) – общая площадь земельного фонда района ($S_{общ} = 1$ или 100%), расчет предельно-допустимого значения K_o^{lim} можно представить как $K_o^{lim} = ИИ^{lim}/(1-ИИ^{lim})$, где ИИ^{lim} – максимально допустимая площадь интенсивно используемых территорий с учетом лимита, $1 = (ИИ+ЭИ) = S_{общ}$.

Таблица 2 – Значения K_o^{lim} для административных районов РК

K_o^{lim} , дол.ед.	Административный район
0,07	Воркутинский
0,09	Интинский
0,11	Усть-Цилемский, Усинский
0,25	Сыктывкарский, Вуктыльский, Ижемский, Княжпогостский, Койгородский, Корткеросский, Печорский, Сосногорский, Сыктывдинский, Сысольский, Троицко-Печорский, Удорский, Ухтинский, Усть-Вымский, Усть-Куломский
1	Прилузский

Далее предельно-допустимые значения коэффициента относительной напряженности K_o^{lim} сравниваем с полученным на настоящее время значением K_o . В случае, если $K_o \leq K_o^{lim}$ можно говорить о современном экологически-равновесном состоянии территории и относительно удовлетворительной (при среднемасштабном уровне исследования) экологической ситуации, при $K_o > K_o^{lim}$ – экологическое равновесие утеряно, при близких значениях – точность расчетов не позволяет сделать однозначный вывод (табл. 3). В зависимости от соотношения K_o^{lim} и K_o предложена градация степени сохранности природных

экосистем.

Таблица 3 – Результаты экодиагностики напряженности ЭХБ для РК

Высокая степень сохранности природных экосистем	Средняя степень сохранности природных экосистем	Критическая степень сохранности природных экосистем	Биосферные функции утрачены
K_o^{lim} / K_o более 2 ед.	$K_o^{lim} / K_o = 1.2-2$ ед.	$K_o^{lim} / K_o = 0,8-1.2$ ед.	K_o^{lim} / K_o менее 0,8 ед.
Воркутинский, Усинский, Интинский, Печорский Троицко-Печорский	Усть-Цилемский, Ижемский, Усть-Куломский, Прилузский	Койгородский, Сосногорский, Удорский, Ухтинский, Вуктыльский, Усть-Вымский	Княжпогостский, Корткеросский, Сыктывдинский (вместе с районом г. Сыктывкар), Сысольский

Таким образом, для РК выявлено преимущественное сохранение территорий общего экологического баланса – ПЭК. Это, прежде всего, арктические районы, а также ряд районов юга и востока РК. Критическая степень сохранности экосистем отмечена у 6 административных районов, хотя 10 лет назад можно было говорить только об одном районе. Количество административных районов с утраченными биосферными функциями не изменилось. В целом, для РК экологическая ситуация несколько ухудшилась, хотя республика по-прежнему может считаться территорией биосферного равновесия.

Библиографический список:

1. Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию [Электронный ресурс] : указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440 // Справочно-правовая система КонсультантПлюс.
2. Кочуров, Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие / Б. И. Кочуров. – М. – Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
3. Зенгина, Т. Ю. Современные угрозы сохранению основных элементов природно-экологического каркаса Усинского района республики Коми (проблемы, факторы риска, современное состояние) / Т. Ю. Зенгина, Г. Г. Осадчая // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Выпуск 4(20). – Сыктывкар, 2014. – С. 33-42
4. Горшков, В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В. Г. Горшков/ Отв. ред. К. С. Лосев. – М.: ВИНТИ, 1995. – 471 с.
5. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: «Россия Молодая», 1994. – 367 с.

УДК 314.187

Комплексная характеристика населения муниципального образования городского округа «Ухта» Республики Коми

Федорова К.Т.

Научный руководитель – Лазарева В.Г.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

География населения (география населения и населённых пунктов) – это раздел социально-экономической географии, изучающий территориальную организацию состава и размещения населения и населённых пунктов с учётом конкретных природных, исторических и социально-экономических условий [1].

Задачи географии населения носят общекультурный (широкое распространение знаний о

географии населения) и теоретический характер (изучение воспроизводства, тенденций и закономерностей перемещений и размещения населения, развития форм расселения и различных типов населенных мест) [2].

В настоящее время расширение теоретических и практических знаний о географии населения различных регионов нашей страны достаточно актуальны.

В данной статье рассмотрено муниципальное образование городского округа «Ухта» Республики Коми.

Целью исследования является комплексная характеристика населения города Ухта с учетом географических и социально-экономических особенностей территории.

Характеристика основных демографических показателей населения района выполнена на основе анализов статистических данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми [5].

Следует отметить, что важность данного исследования заключается в том, что исследуемый город является старейшим нефтегазодобывающим районом республики. Всего на территории округа открыто 12 месторождений углеводородов, учтенных Государственным балансом запасов полезных ископаемых, из них - 5 нефтяных, 5 газовых и 1 нефтегазоконденсатное месторождение [3].

Так, на 1 января 2021 года по численности населения город находится на 183-м месте из 1116 городов Российской Федерации. На 1 января 2010 года (без учёта населённых пунктов, входящих в состав муниципального образования) в Ухте насчитывалось 103 675 человек, и город был внесён в Список городов России с населением более 100 тысяч жителей (161-е место среди городов России), но по данным переписи на декабрь 2010 года в городе насчитывалось 99 642 человека (всего в городе Ухта с подчинёнными его администрации населёнными пунктами — 121 596 человек) [4].



Рисунок 1 - Численность населения на начало года (чел.) в городе Ухта

Мы наблюдаем сокращение численности населения в городе Ухта (Рисунок 1). Так, на 2002 год численность населения составляла 103 340 чел., а уже к 2020 году численность населения составляла 93 716 чел., что на 9 624 чел. меньше, что обусловлено, в основном, увеличением смертности, естественной убылью и миграционным оттоком населения за пределы Республики Коми [4].

1. Естественное движение населения муниципального образования

Социально-демографическая ситуация в г. Ухта характеризуется довольно стойким процессом убыли коэффициента естественного прироста населения (в 1970 год 12,1, в 2016 год 1), вследствие роста коэффициента смертности (в 1970 году 5,2, в 2016 году 11,7), (Рисунок 3). Одновременно с этим понизился коэффициент рождаемости (в 1970 году 17,1, в 2016 году 12,7),

(Рисунок 2). Тенденция снижения этих показателей обусловлена ухудшением состояния здоровья населения, связанного с воздействием часто возникающих стрессовых ситуаций, снижением качества жизни в условиях неудовлетворительного состояния социальной среды и медицинского обслуживания.

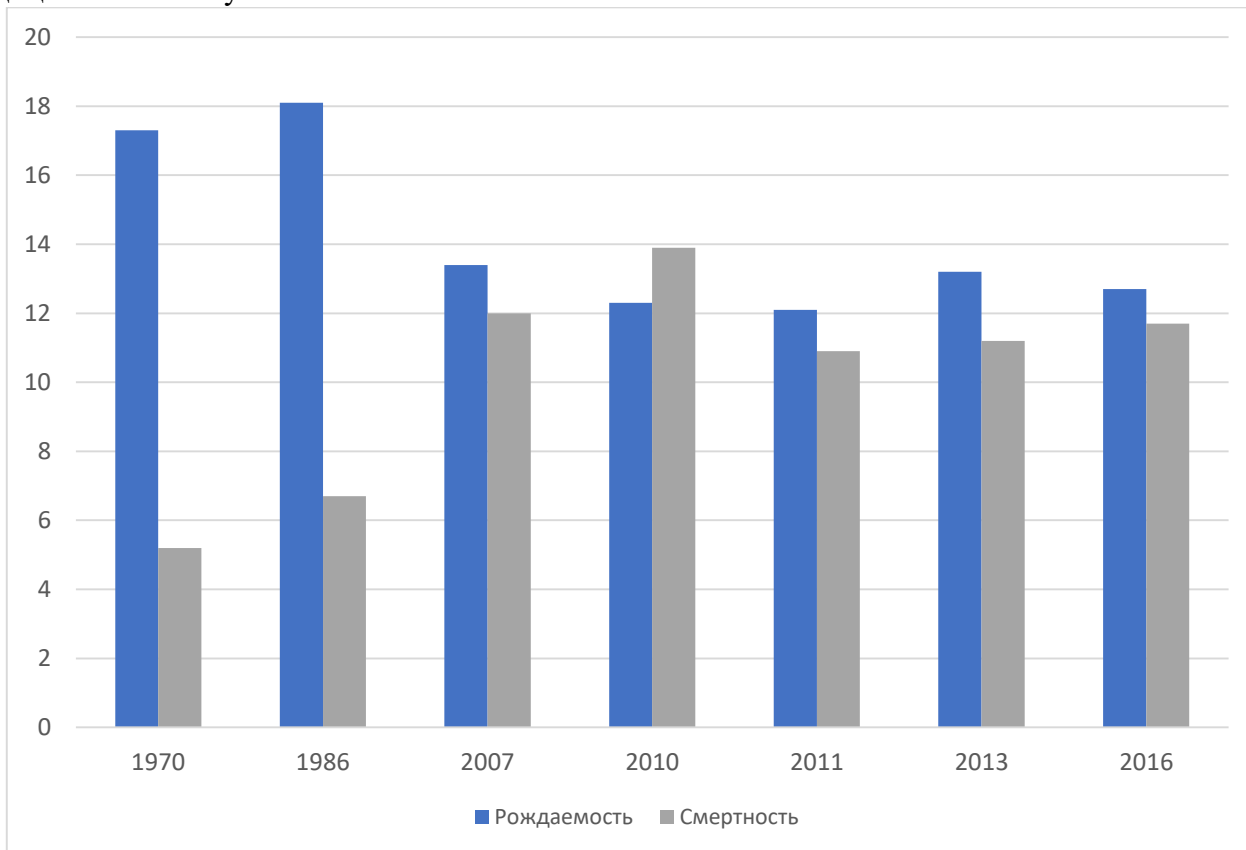


Рисунок 2 – Динамика коэффициента рождаемости и смертности в г. Ухта

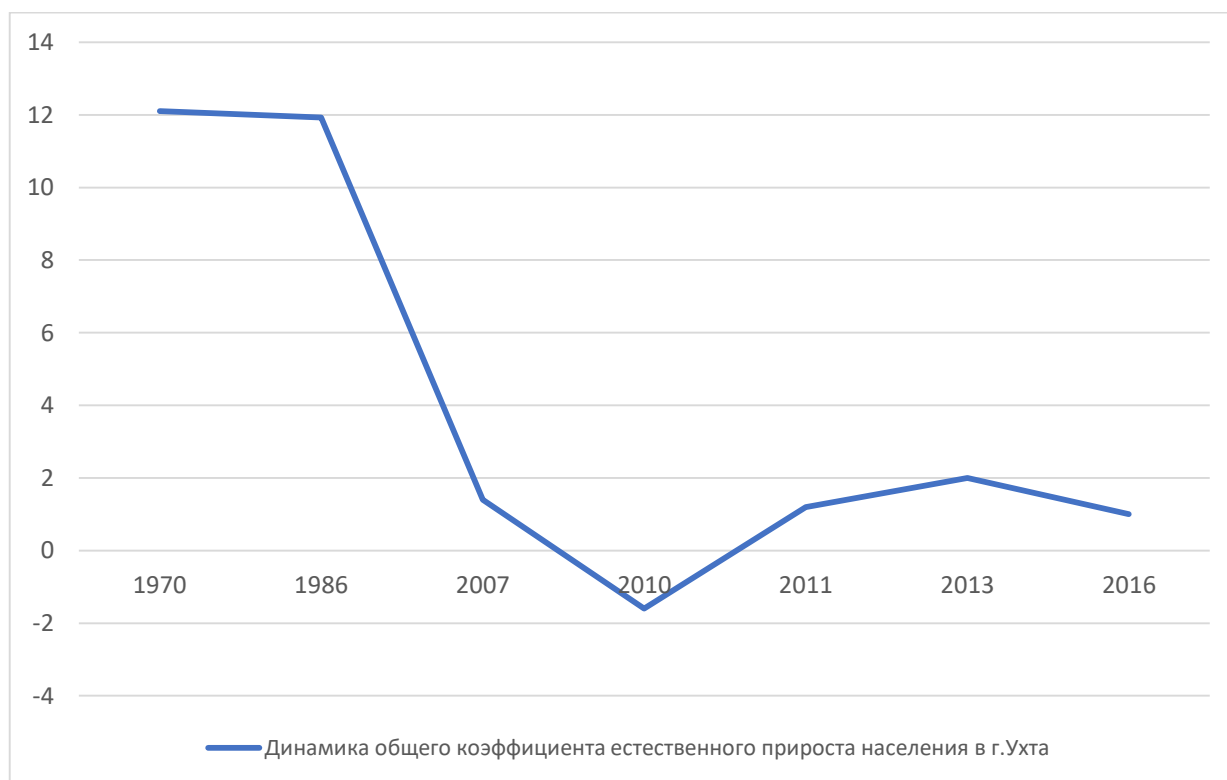


Рисунок 3 – Динамика общего коэффициента естественного прироста населения в г. Ухта

При проведении переписи вопросы о семейном положении задавались лицам, достигшим возраста 16 лет. Среди ответивших на эти вопросы женщин, лишь 53 % из них на тот момент состояли в браке, из них 10 % - в незарегистрированном, 18 % - никогда не состояли в браке, 13 % - были разведены или разошлись, 16 % - овдовели. Среди мужчин, участвовавших в этом опросе, только 61% из них состояли в браке, 29 % - никогда не состояли в браке, 8 % - были разведены или разошлись и 3 % - назвали себя вдовцами.

На момент переписи населения 41 тысяча ухтинок в возрасте 15 лет и старше по статусу являлась мамами (это 79 % всех женщин рассматриваемого возраста, ответивших на вопрос о числе детей). Из них 43 % имели одного ребенка, 46 % - двоих детей, 9 % - троих, 3 % - четверых и более детей. В среднем одна женщина родила за свою жизнь 1,4 ребенка (по республике - 1,6) [5].

На момент переписи населения в Ухте (2010 г.) проживали 57,8 тыс. мужчин и 63,9 тыс. женщин, или соответственно 47 %: 53 % от общей численности населения. Как и в целом, по республике, в городе отмечено снижение показателей в соотношении полов: в 2010 году на 1000 мужчин приходилось 1105 женщин, в 2002 году – 1095 [5].

Численность ухтинцев в трудоспособном возрасте снизилась на 7 %, детей и подростков - на 13 %, одновременно лиц старше трудоспособного возраста стало больше на 19 %. В результате средний возраст жителей Ухты увеличился на 1,8 года и составил 37,2 года (мужчин - 34,5, женщин - 39,6 года). Доля лиц моложе трудоспособного возраста в Ухте - одна из самых низких в республике (16,4 % от общего количества жителей), на старшее поколение приходилось 18,1 % [5].

Таблица 1. - Размер средней заработной платы

Отрасль экономики	Размер средней заработной платы (тыс. руб.)	
	2015 г.	2020 г.
Промышленность	43509	65789
Транспорт	39876	38500
Строительство	25987	63300
Торговля и общественное питание	26123	49500
Коммунальное хозяйство	22344	27500
Здравоохранение	28765	68800
Образование	25678	38500

По динамике размера средней заработной платы по отраслям экономики в г. Ухта можно сказать, что уровень жизни населения занятого в главных отраслях экономики улучшился. Так как во всех этих отраслях вырос размер средней заработной платы за последние пять лет (2015-2020 гг.).

По динамике размера средней пенсии можно сказать, что уровень жизни пенсионеров г. Ухта улучшился, так как выросли размеры средних пенсий. В г. Ухта с 13628 тысяч рублей до 18687 тысяч рублей (Рисунок 4).

В г. Ухта за последние пять лет по динамике цены «потребительской корзины» и ее соотношения с размерами средних зарплат и пенсий можно сказать, что её цена выросла с 10475 тысяч рублей до 14567 рублей (Рисунок 5). Так, в 2015 году цена «потребительской корзины» составляла 25,1% от зарплаты трудоспособного населения, что в принципе не так много. А вот от размера пенсии она составила 76,9%, т.е. более половины пенсии пенсионера. В 2020 году её цена составила 22,2% от зарплаты трудоспособного населения, меньше чем в 2015 году, что говорит о том, что уровень жизни трудоспособного населения улучшился. От размера пенсии она составила 77.9%, что немного больше чем в 2015 году, т.е. больше половины размера пенсии. Это говорит о том, что уровень жизни пенсионеров не изменился.

Подводя итог из вышесказанного можно сказать, что уровень жизни трудоспособного населения в г. Ухта немного улучшился и находится на удовлетворительном уровне, в связи с увеличением размера средней заработной платы, как в целом, так и по отраслям экономики и даже рост цены «потребительской корзины» не ударил «по карману» граждан данной категории

населения. Однако, уровень же жизни пенсионеров в г. Ухта остался на достаточно низком уровне, т.к. не смотря на рост размера средней пенсии, рост цены «потребительской корзины», все так же сильно «бьёт по карману» пенсионеров, что говорит о недостаточном размере пенсий, которые не успевают за ростом цен на продукты в магазинах [6].

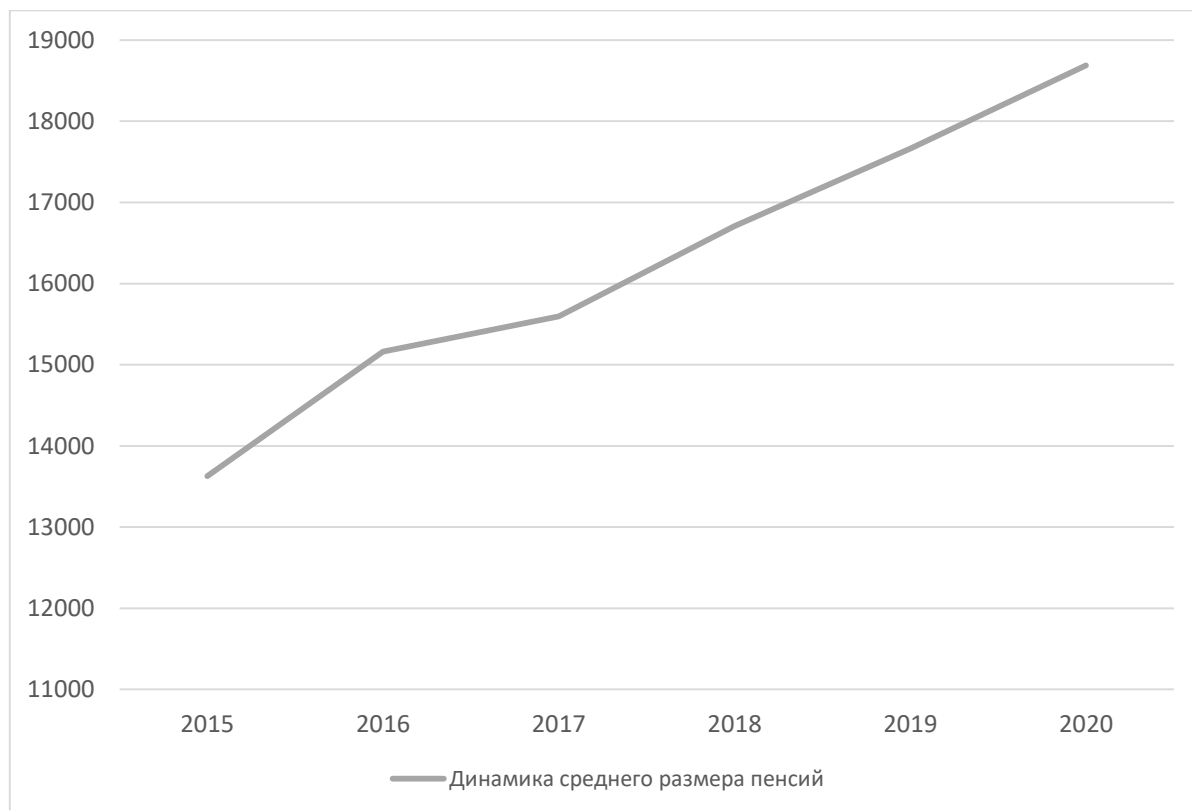


Рисунок 4 – Динамика среднего размера пенсий в городе Ухта

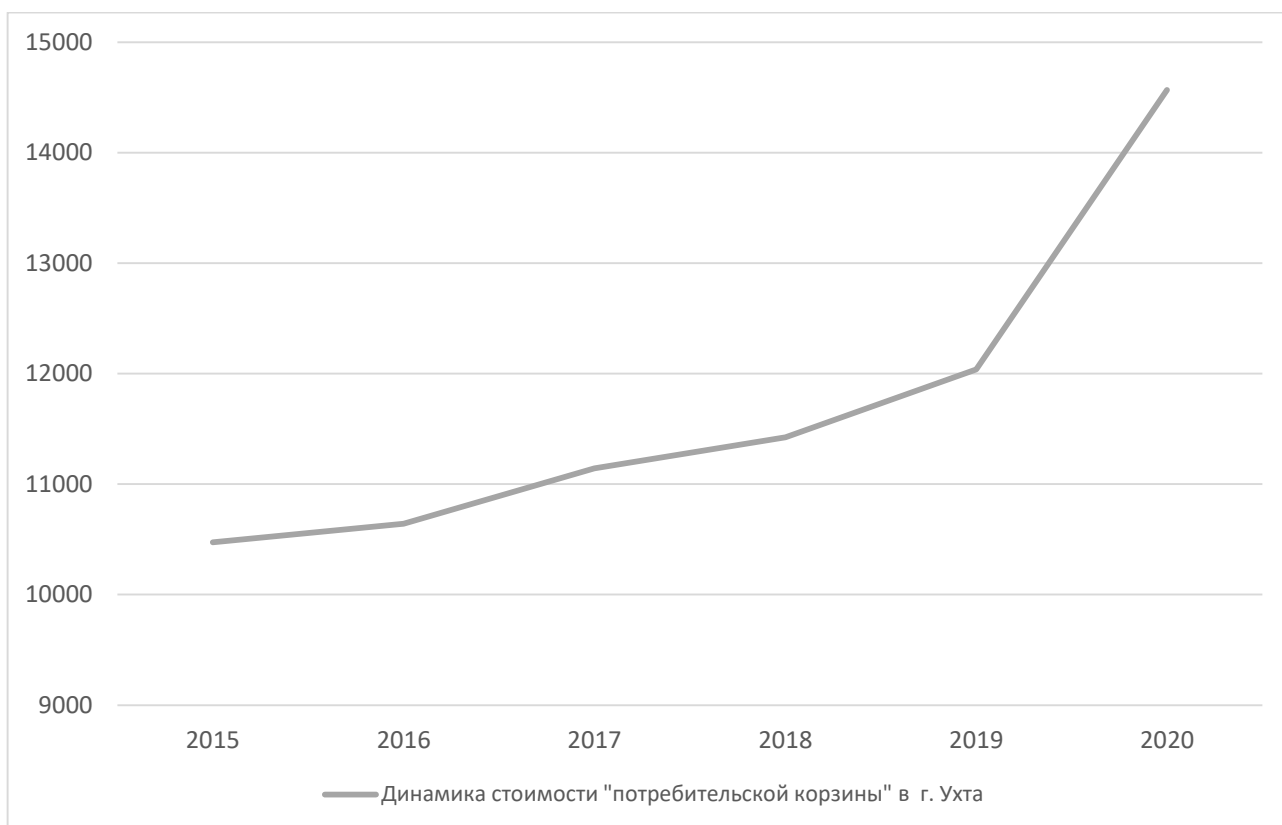


Рисунок 5 - Динамика стоимости "потребительской корзины" в городе Ухта

Таким образом, г. Ухта является старейшим нефтегазодобывающим районом республики Коми. Всего на территории округа открыто 12 месторождений углеводородов, учтенных Государственным балансом запасов полезных ископаемых, в том числе 5 нефтяных, 5 газовых и 1 нефтегазоконденсатное месторождение.

Минерально-сырьевые ресурсы района г. Ухты включают месторождения нефти, газа, руд черных и цветных металлов, разнообразных видов минерального строительного сырья, а также пресных и лечебно-минеральных подземных вод.

Население города составляет в настоящее время 93 тыс. человек, притом, что в 2002 году оно превышало 100 тыс. человек. После Сыктывкара это — второй по количеству жителей город в Республике Коми.

Социально-демографическая ситуация в исследуемом городе характеризуется довольно стойким процессом убыли коэффициента естественного прироста населения, вследствие роста коэффициента смертности.

Уровень жизни трудоспособного населения г. Ухта находится на положительном уровне, так как увеличился размер средней заработной платы, как в целом, так и по отраслям экономики. А вот уровень жизни пенсионеров г. Ухта нельзя назвать благоприятным, т.к. несмотря на рост размера средней пенсии в 1,4 раза, рост цены «потребительской корзины» все так же сильно «бьет по карману» пенсионеров, что говорит о недостаточном размере пенсий, которые не успевают за ростом цен на продукты в магазинах.

Библиографический список:

1. Энциклопедия [Электронный ресурс]: – URL: <http://knowledge.su/g/geourbanistika>.
2. Антипов Е. А. География населения мира [Текст]: курс лекций/ Е. А. Антипов – Мн.: БГУ, 2003. – 8 с.
3. «Mouhta.ru» [Электронный ресурс]: URL <https://mouhta.ru/gorod/geography> [дата обращения 20.12.2021].
4. «Города-россия.рф» [Электронный ресурс]: URL https://города-https://города-россия.рф/sity_id.php?id=172 [дата обращения 26.12.2021].
5. «komi.old.gks.ru» [Электронный ресурс]: URL http://komi.old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/komi/ru/census_and_researching/census/national_census_2010/information_for_media_2010/Chto-rasskazala-ob-Ukhtie-pieriepis-nasielieniia-2010-ghoda [дата обращения 06.01.2022].
6. «bdex.ru» [Электронный ресурс]: URL <https://bdex.ru/respublika-komi/uhta/> [дата обращения 26.12.2021].

УДК 314.1

Комплексная характеристика населения Архангельской области

Франчук Ю.С.

Научный руководитель – Лазарева В.Г.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

География населения - отрасль социально-экономической географии, изучающая закономерности и пространственные особенности формирования и развития современного состава населения и мест его обитания в различных исторических, социокультурных, экономических и природных условиях. Изучает территориальные (региональные) различия в воспроизводстве населения и его демографической структуре, расово-этнический и конфессиональный состав населения, социальную структуру, трудовые ресурсы и их использование, интенсивность, состав и направление международных и внутренних миграций, плотность населения и типы заселения территорий, процессы урбанизации, территориальные (региональные) различия в образе и качестве жизни людей, связь размещения населения с

размещением производства.[1]

В практические задачи географии населения входят количественная и качественная оценка трудовых ресурсов, прогнозы и рекомендации по развитию форм расселения, отвечающих рациональному размещению производства, а также бытовым и культурным потребностям населения.[1]

География населения, одна из основных составляющих экономической географии» приобрела в наше время небывалую актуальность. Ее сложные связи со смежными науками — демографией, этнографией, исторической географией, позволяют исследовать и прогнозировать изменения едва ли не самой значимой части биосферы Земли — человечества.[1]

В связи с этим, для успешного планирования социально-экономических показателей в развитии и усовершенствовании тех или иных территорий России в данной статье рассмотрена Архангельская область.

Целью исследования является комплексная характеристика населения Архангельской области с учетом географических и социально-экономических особенностей территории.

Характеристика основных демографических показателей населения района выполнена на основе анализов статистических данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Архангельской области и Ненецкому автономному округу.

Важность данного исследования заключается в том, что исследуемая область богата самыми разными природными ресурсами, в том числе, топливно-энергетическими: уголь; нефти – более 30 месторождений, так же данная область располагает крупными запасами бокситов. Она занимает 2 место по доставке древесины, производству деловой древесины, 1 место по производству целлюлозы, экспорту леса, Архангельский порт является крупнейшим портом по вывозу древесины, а также по производству пиломатериалов; данная область занимает 5 место по производству бумаги.[2]

Так, на 1 января 2022 года по численности населения область находится на 47-м месте из 85 субъектов Российской Федерации. На 1 января 2015 года Архангельская область занимала 45-е место среди субъектов РФ по численности населения.[3]

Как мы видим из диаграммы (рис.1) численность населения Архангельской области каждый год уменьшается это связано как с естественными причинами, так и с механическим движением населения (рис.2) - большой миграционный отток населения за пределы области. По показателям механического движения наблюдаются отрицательные значения миграционного прироста населения, т.е. число выбывших за пределы данной территории превышает число прибывших за определенный промежуток времени. С 2015 года по 2022 год численность населения Архангельской области уменьшилась на 70168 тысяч человек.

Социально-демографическая ситуация в Архангельской области характеризуется довольно стойким процессом убыли общего коэффициента естественного прироста населения с -1,1 % в 2015 году до -10% в 2021 году (рис.3), вследствие роста коэффициента смертности, который в 2015 году составил 13,5%, а в 2021 году 16,7%. Сокращением коэффициента рождаемости в 2015 году он составил 12%, в 2021 году 7,9%. Причиной является снижение коэффициента фертильности, который в 2015 году составлял 1,8%, а в 2020 году составил только 1,3%.

Снижения этих показателей обусловлено ухудшением состояния здоровья населения на фоне пандемии, воздействием часто возникающих стрессовых ситуаций, снижением качества жизни связанного с неудовлетворительным состоянием социальной среды и медицинской сферы обслуживания. [3]

Результаты по созданию и разрушению ячеек общества за последние несколько лет не отличаются положительной динамикой. Процент актов о заключении брака в 2015 году составлял 7,6%, в 2021 году он составил 5,8%. Процент актов о его расторжении в 2015 году 4,3%, а в 2021 году уже 4,6%. Количество регистраций браков уменьшилось на 1,8%, а количество разводов – всего на 0,3%, что в пропорциональном соотношении никакого оптимизма не внушает. Чаще всего разводы в Архангельской области происходят из-за бытовых проблем молодых семей – отсутствие доступного жилья и работы. [3]

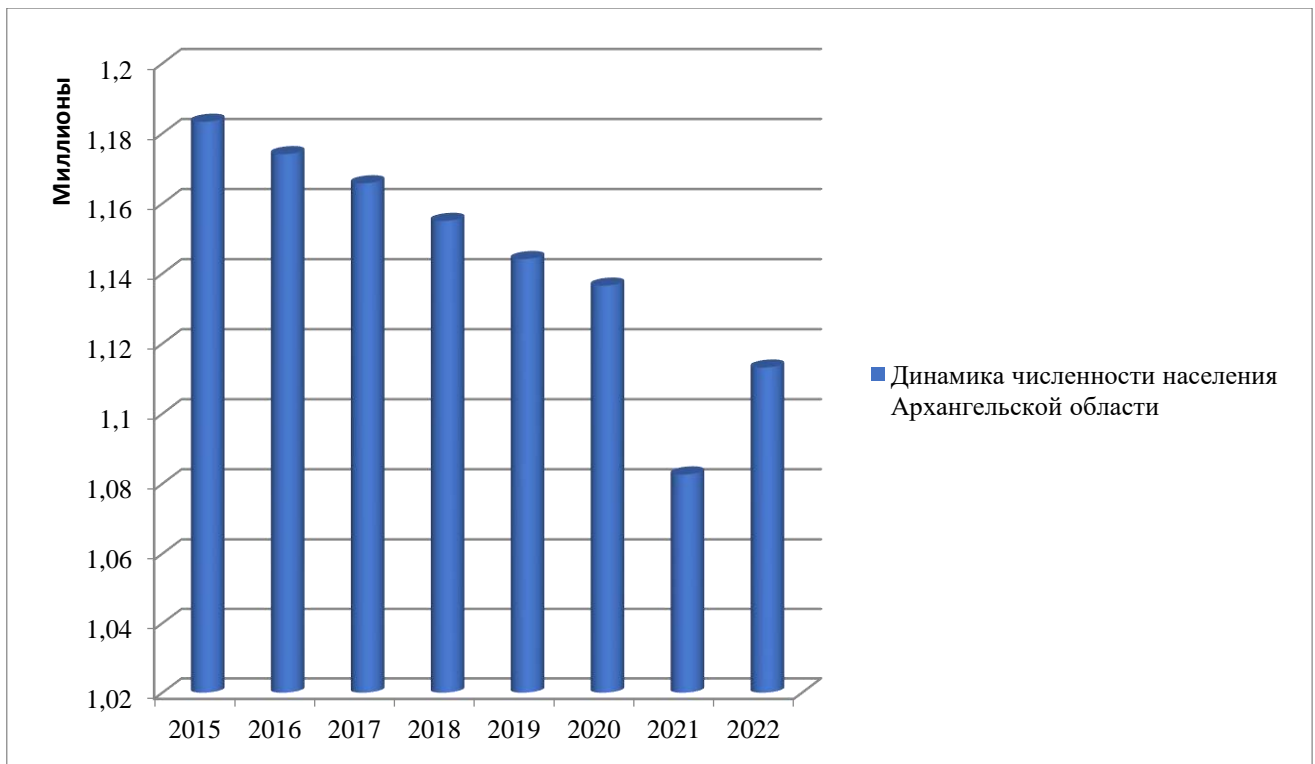


Рисунок 1 – Диаграмма численности населения Архангельской области

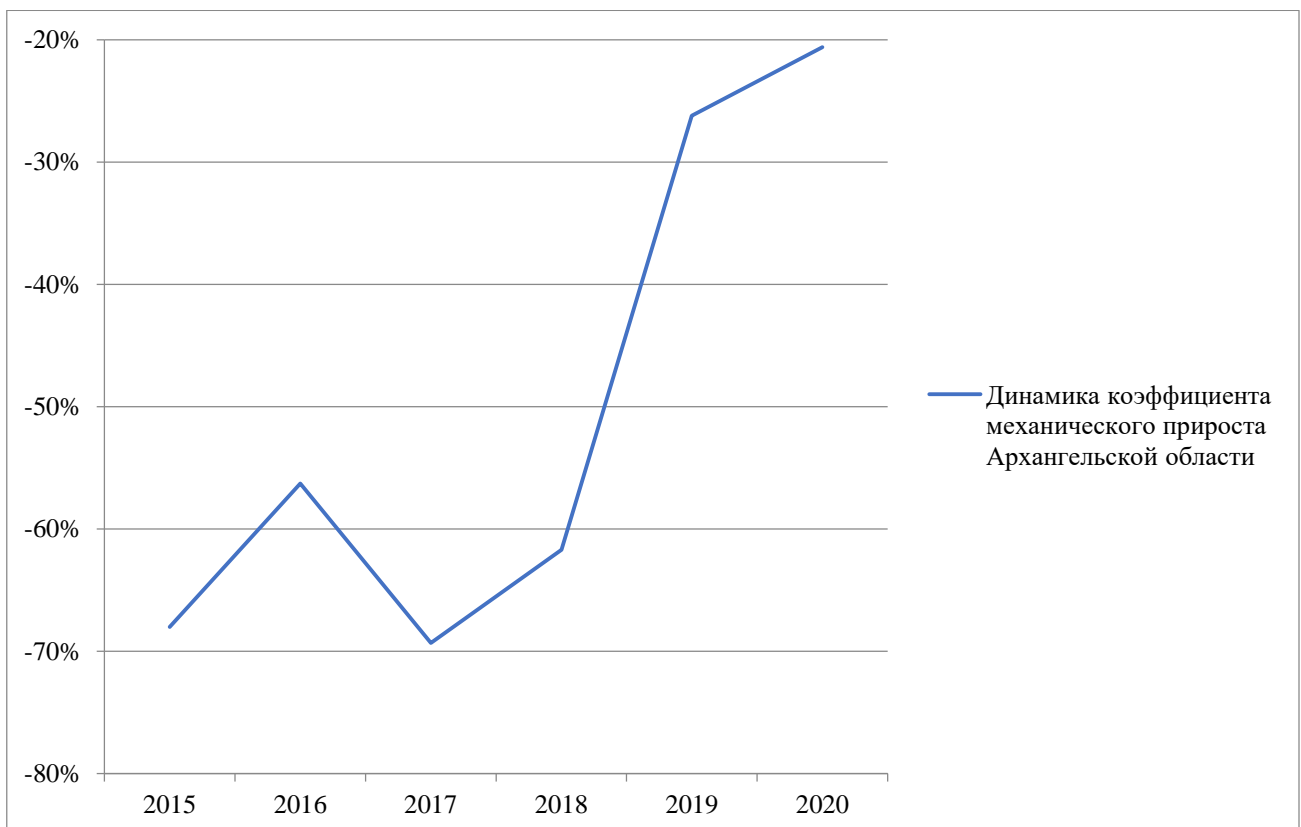


Рисунок 2 – График механического прироста Архангельской области

В половозрастной структуре Архангельской области просматривается тенденция превышения числа женщин 624457 тысяч над числом мужчин 553906 тысяч. Хотя по данным рождаемости, количество родившихся мальчиков превышает количество родившихся девочек за определенный промежуток времени, но ожидаемая продолжительность жизни у женщин больше на 10 лет, чем у мужчин. С младенчества до 40 лет мужчины преобладают над

женщинами, но после 40 лет резко начинают преобладать женщины как пять лет назад, так и в настоящее время. Это происходит из-за того, что мужчины в повседневной жизни чаще попадают в аварии, чаще подвергаются опасности на работе, а также, в любой возрастной группе чаще совершают самоубийства. [3]

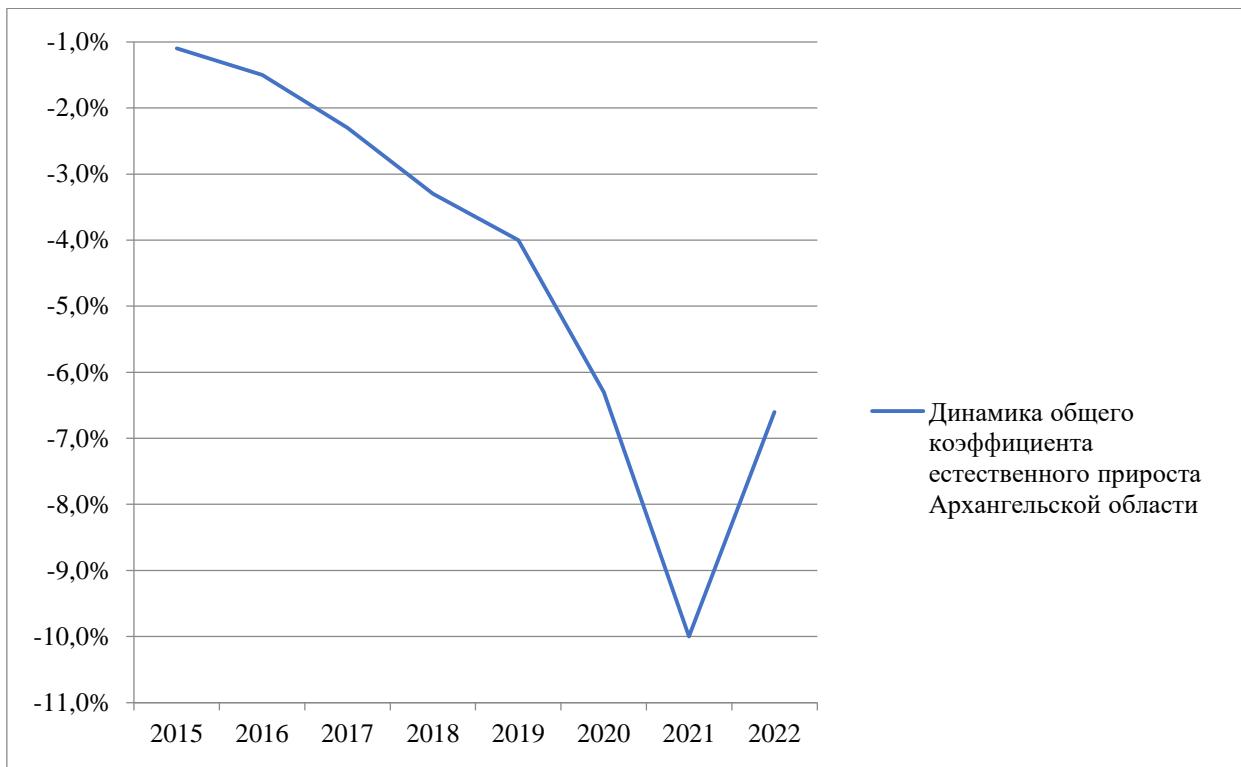


Рисунок 3 – График общего коэффициента естественного прироста Архангельской области

Риск также увеличивается из-за нездорового, более безрассудного образа жизни, который ведет средний мужчина: он употребляет больше алкоголя, есть более жирную пищу, больше курит, реже обращается к врачу и проходит профилактические обследования. [3]

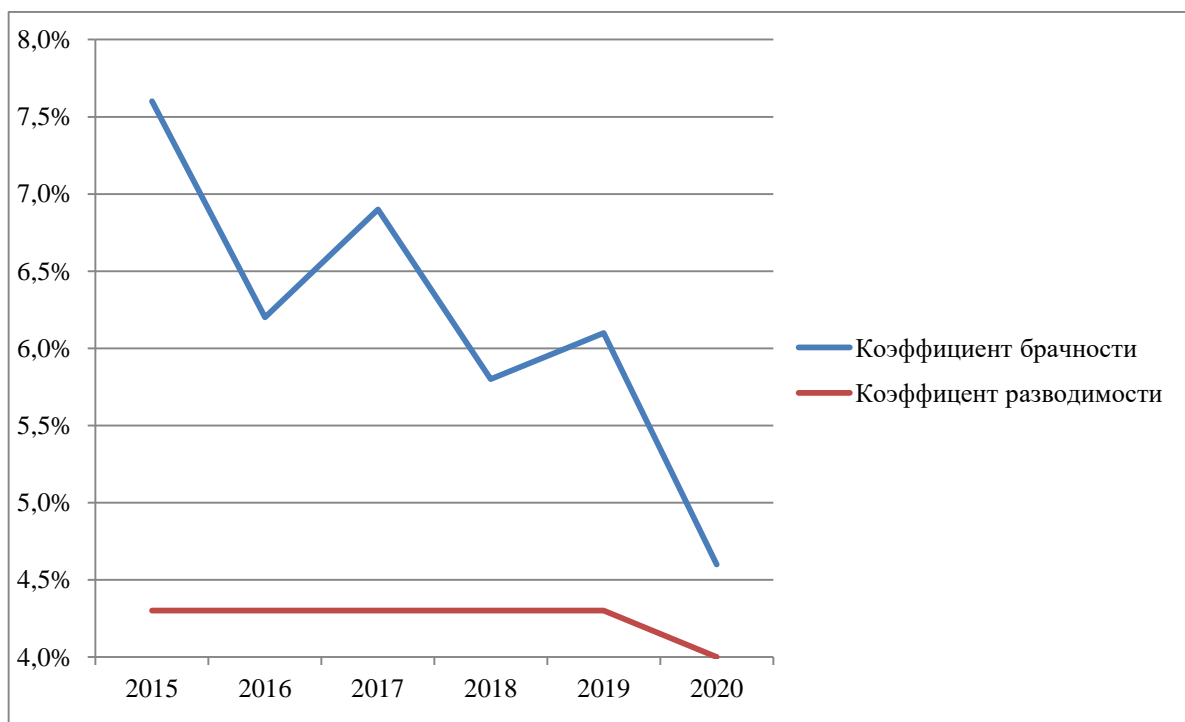


Рисунок 4 – Коэффициенты брачности и разводимости в Архангельской области

Доля городского населения Архангельской области выросла с 77% в 2015 году до 79% в 2020 году, а доля сельского населения Архангельской области наоборот сократилась с 23% в 2015 году до 21% в 2020 году (рис.5). Сокращение сельского населения и рост урбанизации связаны с оттоком населения из сельской местности. Особенностью демографии в Архангельской области является то, что плотность населения очень различна, если в Мезенском и Лешуконском районах это всего 0,3 человека на квадратный километр, то в Архангельске – 1207 человек.[3]

Таблица 2 – Процент урбанизации Архангельской области за последние 5 лет

Года	Процент урбанизации
2015	77%
2016	77%
2017	78%
2018	78%
2019	78%
2020	79%

Уменьшение численности сельского населения объясняется тем, что население не считает территорию сельской местности привлекательной. Так же в районах нехватка рабочих мест и небольшие заработные платы. Другая проблема села это пьянство.

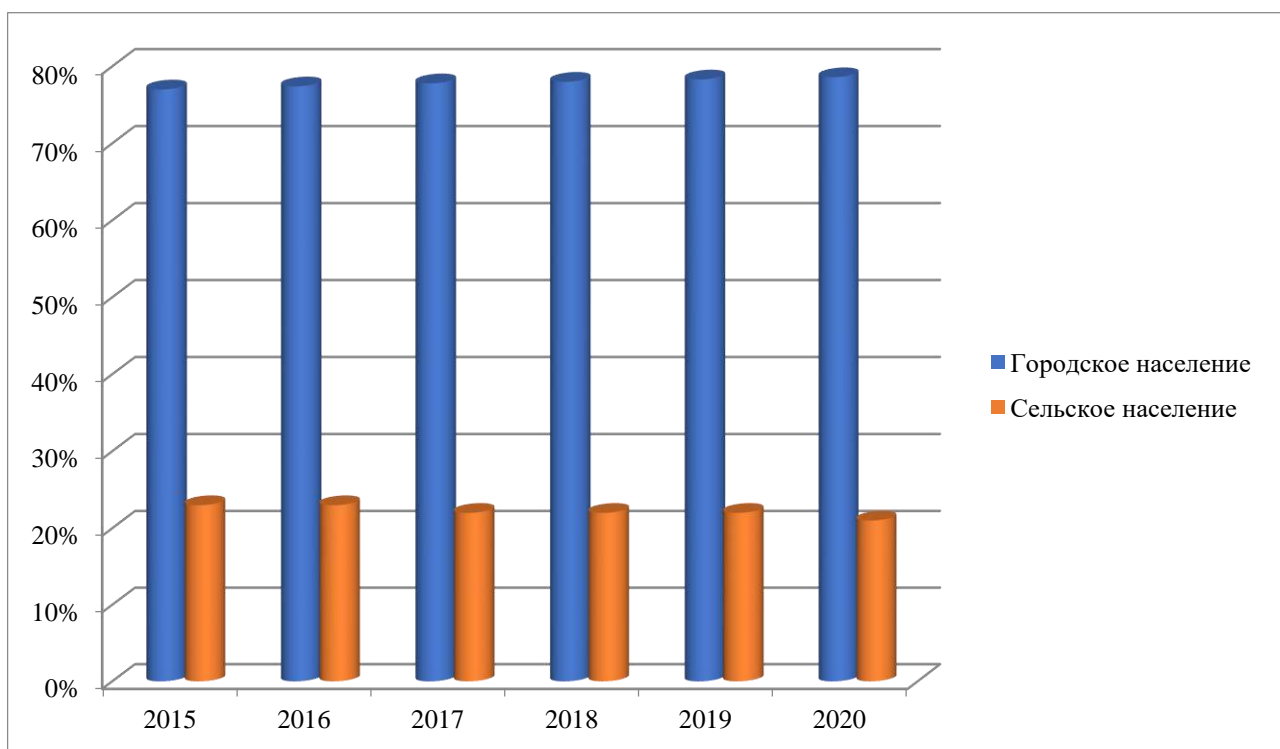


Рисунок 5 – Столбчатая диаграмма городского и сельского населения Архангельской области

Уровень безработицы в Архангельской области вырос с 2% в 2015 году до 4% в 2021 году (рис.6). Причинами роста уровня безработицы в Архангельской области являются закрытие и разорение частных лесоперерабатывающих предприятий, отнятие лесов у мелких предпринимателей, изменение лесоперерабатывающей технологии, антиковидные меры, плохое развитие сельской местности, приводящее к её вымиранию.[3]

Уровень жизни населения напрямую связан с размерами средних зарплат и пенсий и их соотношением с ценой «потребительской корзины».

В Архангельской области цена «потребительской корзины выросла» за последние пять

лет с 10475 тысяч рублей до 12965 рублей (рис.7).

В 2015 году в Архангельской области цена «потребительской корзины» составляла 27,3% от зарплаты трудоспособного населения, что является небольшой частью от зарплаты населения данной категории. А вот от размера пенсии она составляла 76,9% - больше половины пенсии пенсионера. В 2020 году её цена составила 23,2% от зарплаты трудоспособного населения, меньше чем в 2015 году, что говорит о том, что уровень жизни трудоспособного населения улучшился. От размера пенсии она составила 69.4%, что немного меньше чем в 2015 году, но все же больше половины размера пенсии – это говорит о том, что уровень жизни пенсионеров немного улучшился, но все же остался на низком уровне.

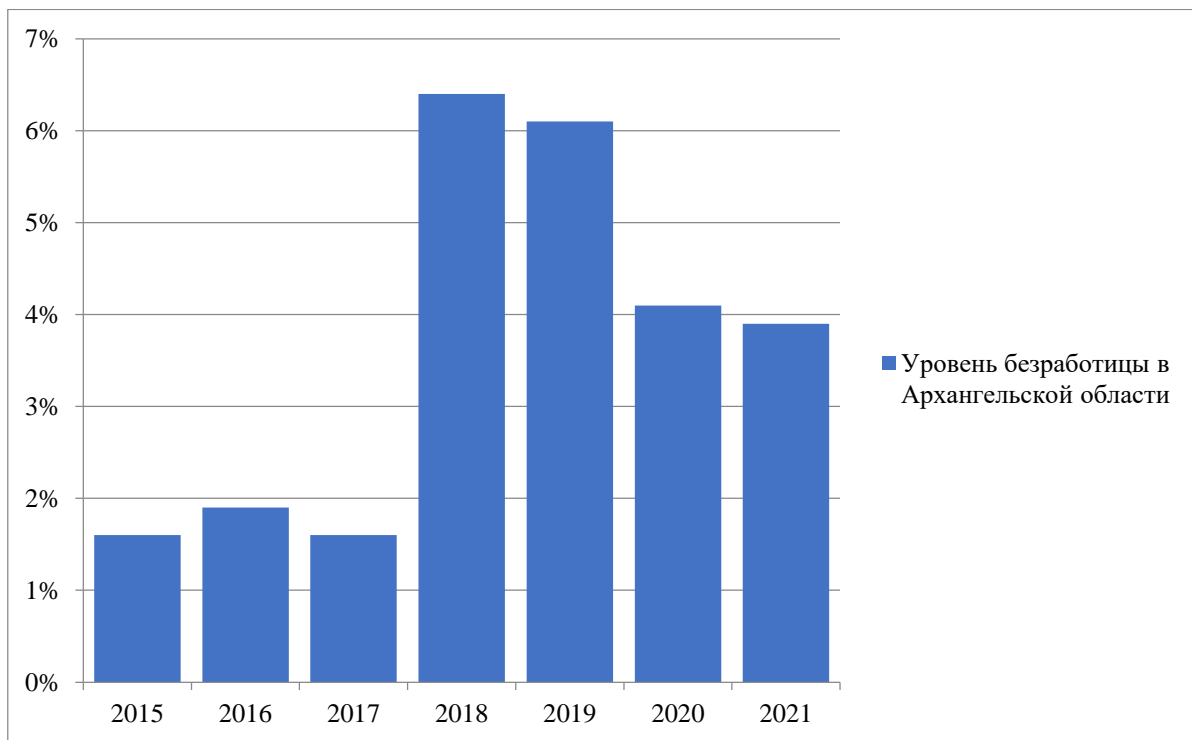


Рисунок 6 – Уровень безработицы в Архангельской области

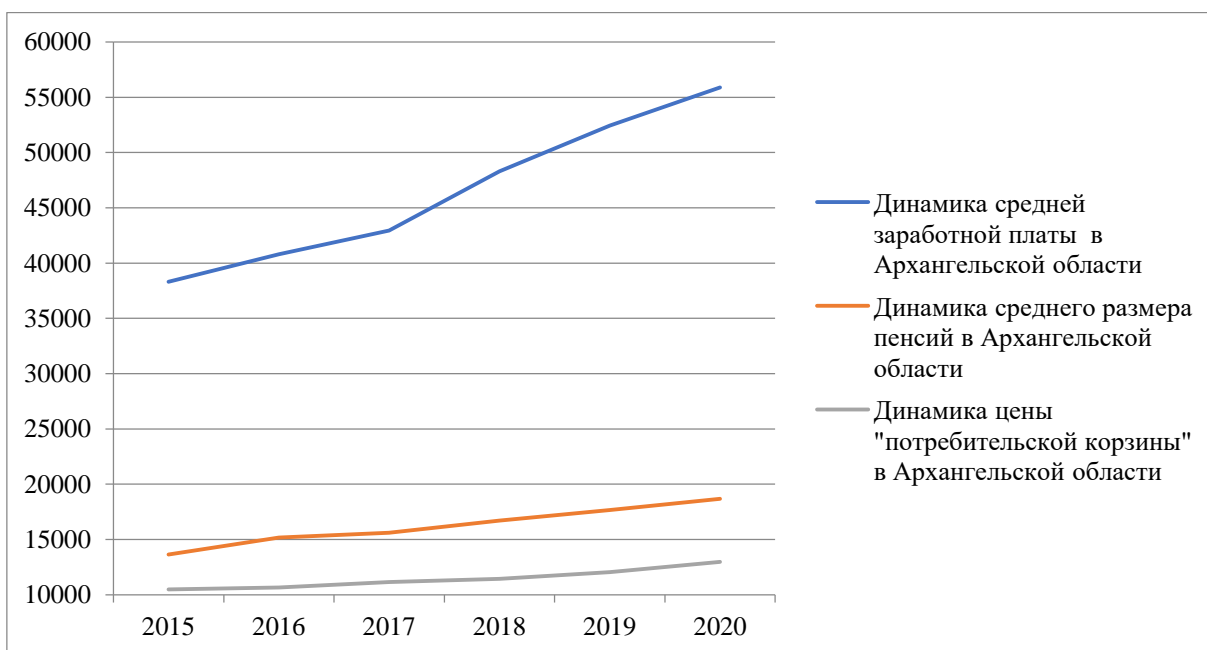


Рисунок 7 – Соотношение размеров средних зарплат и пенсий с ценой «потребительской корзины» в Архангельской области

Подводя итог можно сказать, что уровень жизни трудоспособного населения Архангельской области улучшился и находится на достойном уровне, так как увеличился размер средней заработной платы в целом и даже рост цены «потребительской корзины» не ударил «по карману» граждан данной категории населения. А вот уровень жизни пенсионеров Архангельской области остался на низком уровне. Не смотря на рост размера средней пенсии, рост цены «потребительской корзины» все так же сильно «бьет по карману» пенсионеров, что говорит о недостаточном размере пенсий, которые не успевают за ростом цен на продукты в магазинах.

Таблица 3 – Медико – социальные условия Архангельской области

Год	Число больничных учреждений	Число койко-мест	Обеспеченность населения врачами	Обеспеченность населения средним мед.персоналом	Заболеваемость населения
22015	70	11476	6249	16139	1215097
22020	60	9080	6182	14116	1080503

За последние пять лет медико-социальные условия в Архангельской области изменились. Число доступных для граждан больничных учреждений сократилось с 70 до 60 (табл.3). Так же в области сократилось число койко-мест для больных на 2396 тыс. (табл.3). Обеспеченность населения врачами хоть и выросла на 1,6% (из-за уменьшения численности населения), но число врачей все же сократилось (табл.3). Численность среднего медицинского персонала в Архангельской области сократилась на 1%. [5]

Неблагополучной область признана по высокому уровню риска по:

- мочекаменной болезни среди детей;
- высокой смертности населения;
- злокачественных новообразований у всего населения и детей 0-14 лет;
- общей заболеваемости взрослых и детей 0-17 лет;
- врожденным аномалиям (порокам) развития детей (0—14 лет);
- нарушениям в перинатальном периоде у детей в возрасте до 1 года;
- заболеваемости детей в возрасте до 1 года инфекционными, паразитарными болезнями, анемиями, нарушениями зрения;
- сколиозам, нарушениям осанки детей до 17 лет». [5]

Таким образом, социально-демографическая ситуация в Архангельской области характеризуется довольно стойким процессом убыли населения, сокращением численности и доли детей, демографическим старением. В настоящее время каждый восьмой северянин находится в возрасте 65 лет и старше. Показатели рождаемости систематически уменьшаются в связи с нарастанием доли пожилых людей.

По сравнению с 2015 годом численность Архангельской области сократилась почти на 50 тысяч человек. Также наблюдается характерное для России превышение числа женщин над числом мужчин. Преобладание женщин над мужчинами начинается в возрасте 40 лет.

Ситуация по созданию и разрушению ячеек общества в Архангельской области на сегодняшний день представляет то, что более половины браков распадается. Уровень безработицы в Архангельской области за последние пять лет вырос на 2%.

Уровень жизни трудоспособного населения Архангельской области улучшился, и находится на достойном уровне, так как увеличился размер средней заработной платы в целом и даже рост цены «потребительской корзины» не ударил «по карману» граждан данной категории населения. А вот уровень жизни пенсионеров Архангельской области остался на низком уровне.

В Архангельской области в системе здравоохранения заняты 20,2 тыс. работников, при этом присутствует нехватка медицинских кадров. Неблагополучной Архангельская область признана по высокому риску многих заболеваний у детей и подростков. Так же в области большой процент заболеваемости онкологическими заболеваниями.

Чтобы улучшить демографическую обстановку в Архангельской области необходимо принимать меры по стабилизации социально-экономического развития и улучшение качества жизни населения, повышение материального благосостояния, обеспечить людей доступным жильем и достойными зарплатами. Разработка концепций семейной и социальной политик, с целью оказания поддержки отдельным категориям граждан. Создание комфортной инфраструктуры для народа.

Библиографический список:

1. <https://tech.wikireading.ru/hFcoxbTnOe> География населения как ветвь социально-экономической географии
2. <https://pandia.ru/text/80/253/807-7.php> Экономико-географическая характеристика Архангельской области
3. <https://fb.ru/article/306750/naselenie-arhangel'skoy-oblasti-chislennost-i-plotnost> Население Архангельской области
4. <https://www.evkoval.org/kursovye-raboty/osobennosti-upravleniya-munitsipalnym-obrazovaniem-gorod-arhangel'sk-> Особенности управления муниципальным образованием «Город Архангельск»
5. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Архангельской области в 2020 году: Государственный доклад / под ред. Р.В. Бузинова – Архангельск, 2021. – 144 с.

УДК 347.235:528

Актуальные вопросы и проблемы перераспределения земельных участков

Гулина В.С.

Научный руководитель – Пильник Ю.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день на территории Российской Федерации очень актуален вопрос, связанный с увеличением площади уже существующего земельного участка. Одним из способов решения данного вопроса является процедура перераспределения земельных участков, которая приводит к образованию новых земельных участков, согласно статье 11.2 Земельного кодекса РФ. Эта система допустима, если в результате добавляемой территории невозможно создать самостоятельный земельный участок.

Как мы знаем, земельный участок должен отвечать следующим требованиям: его площадь не может быть меньше установленной правилами землепользования и застройки, либо иными правовыми актами (на территории МОГО «Ухта» минимальная площадь – 400 кв. м) и участок должен быть обеспечен доступом. Также обязательное требование к исходному земельному участку – земельный участок должен иметь точное координатное описание и стоять на кадастровом учете.

В случае перераспределения земельных участков их целевое назначение и разрешенное использование не изменяется (исключительные случаи прописаны в п.3 ст. 11.2 Земельного кодекса РФ) [1].

Способы формирования земельного участка прописаны в ст. 11.3 Земельного кодекса РФ. В нашем случае это либо утверждение схемы расположения земельного участка либо разработка и утверждение проекта межевания территории, которым устанавливается или уточняются границы земельных участков. Какой бы не был выбран способ для формирования

земельного участка, его границы в конечном итоге необходимо поставить на кадастровый учет. Пока не завершится регистрация прав на итоговый земельный участок, на кадастровом учете будут границы как исходного и итогового участка. При этом необходимо оформить права на итоговый земельный участок в течение 5 лет, в противном случае земельный участок будет аннулирован и потребуются снова проходить процедуру формирования земельного участка.

Но всегда ли допустимо перераспределение земельных участков? Нет, перераспределение земельных участков в настоящее время возможно в 4 случаях, которые прописаны в ст. 39.28 ЗК РФ [1].

Главным образом – это перераспределение земельных участков, которые являются государственной или муниципальной собственностью, и земельных участков, находящихся в частной собственности в целях приведения границ земельных участков в соответствие с утвержденным проектом межевания и застройки для исключения вклинивания, вкрапливания, изломанности границ, чересполосицы. Но действующим законодательством не дано точное определение чересполосицы. В некоторых случаях дешевле разработать проект межевания и застройки в выше указанных целях и претендовать на земельный участок, нежели участвовать в торгах по приобретению земли в собственность или аренду. Участие в торгах (аукционе) не гарантирует победу в данных торгах. Тем более стоимость аукционного земельного участка превышает кадастровую стоимость в некоторых случаях в 3 раза. Так как стоимость включает в себя стоимость работ по сбору информации о предварительном технологическом подключении к инженерным сетям, работ по оценке аукционного участка и т.д.

Размер платы за увеличение территории земельного участка зависит от расположения и принадлежности и определяется Правительством РФ, субъектом РФ, либо органом местного самоуправления. К примеру, расчет платы за «федеральный» земельный участок рассчитывается:

$$P_n = 0,15 \times (K_{cu}/\Pi_u) \times \Pi_\delta,$$

где K_{cu} – кадастровая стоимость исходного федерального земельного участка;

Π_u – площадь исходного федерального земельного участка;

Π_δ – площадь дополнительного земельного участка.

Определение платы за земельный участок, который находящийся в собственности субъекта РФ выглядит следующим образом:

$$P_n = KCo - Kcu,$$

где KCo – кадастровая стоимость образованного ЗУ,

Kcu – кадастровая стоимость исходного земельного участка.

А вот за «муниципальный» земельный участок заплатим, согласно расчета:

$$P_n = 0,5 \times (Kcu/\Pi_u) \times \Pi_\delta,$$

где Kcu – кадастровая стоимость исходного муниципального земельного участка;

Π_u – площадь исходного муниципального земельного участка;

Π_δ – площадь добавленного земельного участка.

Это приводит к существенным затратам заказчика, иногда неоправданным.

Рассмотрим данную ситуацию на реальном примере.

В Комитет по управлению муниципальным имуществом администрация МОГО «Ухта» поступило заявление о заключении соглашения о перераспределении ЗУ1, который является частной собственностью и ЗУ2 вместе с землями, государственная собственность на которых не разграничена, площадью 566,0 м².

На данное обращение Комитет отвечает отказом. Обосновывая свой ответ следующим: проектом межевания территории, утвержденным постановлением администрации МОГО «Ухта» от 14.09.2017 №3097 «Об утверждении проекта межевания территории, застроенной многоквартирными домами №1, 3, 5, 7 по проезду Строителей, в границах элемента планировочной структуры в красных линиях проезда Строителей» образован, в том числе и

земельный участок с кадастровым номером ЗУ (скриншот публичной кадастровой карты представлен на рис.1). Данный земельный участок, образован посредством земельного участка ЗУ1 и земельного участка ЗУ2, и территории не разграниченных земель.

Пунктом 3 статьи 11.7 Земельного Кодекса Российской Федерации, главой V.4 ЗК РФ определяются случаи, при которых возможно образование земельных участков путем перераспределения земель и (или) земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, между собой и таких земель и (или) земельных участков и земельных участков, находящихся в частной собственности, при всем этом порядок действий, обеспечивающих образование земельных участков таким способом.

В то же время указанной главой не устанавливаются правила образования земельных участков путем перераспределения.

При перераспределении земель и (или) земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, между собой и таких земель или земельных участков и земельных участков, находящихся в частной собственности, необходимо придерживаться правил, которые прописаны пунктом 1 статьи 11.7 ЗК РФ. С учетом этого, перераспределение земель даже при соблюдении условий пункта 1 статьи 39.27 и статьи 39.28 ЗК РФ, не допустимо [2].



Рисунок 1 – Скриншот с публичной кадастровой карты рассматриваемого земельного участка

Письмо Министерства экономического развития Российской Федерации от 2018 года «О перераспределении земель и нескольких земельных участков» дает пояснения по второму абзацу пункта 1 статьи 11.7 ЗК РФ, которые указывают на то, что с землями может перераспределяться только один земельный объект.

По данным Единого государственного реестра недвижимости земельный участок ЗУ с кадастровым номером имеет вид разрешенного использования – общественное питание.

Согласно Сведений от 2020 земельный участок ЗУ1 – для обслуживания нежилого здания, находится в собственности, координатного описания не имеет. На основании пп 10 п. 9 ст. 39.29 ЗК РФ уполномоченный орган принимает решение отказать в заключении соглашения о перераспределении земельных участков границы земельного участка, находящегося в частной собственности, подлежат уточнению на основе Федерального закона "О государственной регистрации недвижимости".

Согласно Сведений от 2020 земельный участок ЗУ2 – для строительства кафе. Также, согласно данным сведений в границах земельного участка расположено сооружение. В соответствии с данными публичной кадастровой карты назначение сооружения – Сооружения, иные сооружения производственного назначения (Газораспределительная сеть г. Ухта).

В связи с тем, что земельный участок, образованный на основании проекта межевания территории, свободен от построек, зданий, сооружений и разрешенное использование земельных участков рассчитывает строительство объекта общественного питания, заключение соглашения о перераспределении земельного участка будет противоречить земельному законодательству, в частности статьям 39.3 и 39.6 Земельного кодекса РФ: продажа земельного участка или заключение сделки аренды земельного участка (полагающего строительство объекта) реализуется на торгах, проводимых в форме аукциона.

Образуемый земельный участок обременен сетями электро- и газоснабжения, следовательно, размещать объекты капитального строительства будет практически невозможно.

Вывод: Следует рассмотреть внесение в действующее законодательство понятие «чересполосица» и определить точные размеры территории, являющейся «чересполосицей». Что позволит избежать двоякого толкования статьи 39.28 ЗК РФ и особенностей перераспределения в общей сложности.

Библиографический список:

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/
2. Конституция Российской Федерации (с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года) // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/

УДК 502.36

Разработка проекта планировки территории для установления границ планируемого размещения объектов нефтепроводной системы

Гулина В.С.

Научный руководитель – Сератирова В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Согласно градостроительному кодексу РФ для установления границ планируемого размещения объектов капитального строительства, выделения элементов планировочной структуры, установления границ земельных участков осуществляется подготовка документации по планировке территории [1].

Проект планировки территории - документ, устанавливающий зоны размещения существующих объектов недвижимости, их параметры, а также зоны планируемого размещения объектов капитального строительства.

Проект планировки территории является основой для подготовки проекта межевания территории. В связи с этим вопросы разработки проекта планировки территории для размещения объектов нефтепроводной системы являются актуальными в настоящее время.

Целью данной работы является изучение и раскрытие порядка разработки проекта планировки территории на примере объекта: «Реконструкция поверхностного комплекса НШ-1

НШПП "Яреганефть". Обустройство скважин секционного проветривания».

Цель разработки проекта планировки территории - определение планируемого размещения объекта «Реконструкция поверхностного комплекса НШ-1 НШПП "Яреганефть". Обустройство скважин секционного проветривания».

Проектируемый объект расположен в центральной части Республики Коми, на территории МОГО «Ухта», в пределах Ярегского нефтяного месторождения (рисунок 1).

Большая часть проектируемых сооружений расположена на землях населенных пунктов МО ГО «Ухта». Территориально участок работ расположен в 9,7 км к юго-западу от районного центра г. Ухта. Проектируемые объекты располагаются в пределах населенных пунктов – пгт. Ярега, пст. Нижний Доманик и пст. Первомайский.

В геоморфологическом отношении изучаемая территория входит в состав Северо-Русской провинции Тиманской геоморфологической области. Поверхность Ярегского месторождения представляет собой пологую заболоченную равнину, изрезанную долинами мелких рек и ручьев, имеющую общий уклон с запада и юго-запада на северо-восток. В административном отношении проектируемые объекты расположены на территории Республики Коми, площади проектируемого земельного участка показаны в таблице 1.

Выбор проектируемых трасс выполнен из условия минимизации нанесения ущерба окружающей природной среде и обеспечения высокой надежности и безаварийности в период эксплуатации трубопроводов. При выборе трассы трубопроводов максимально использовалась возможность размещения ее вне водоохранных зон, на заболоченных участках и землях с менее ценными породами деревьев. При этом учитывались инженерно-геологические условия района строительства, применяемые методы производства строительного-монтажных работ. Выбор труб выполнен на основании расчетов на прочность с учетом номенклатуры заводов-изготовителей и карточки согласования оборудования, материалов и конструкций, применяемых в проекте.

Таблица 1 -Параметры проектируемых земельных участков

Земельные участки, необходимые для реализации проекта	Площадь, (га)
Общая площадь в границах полосы отвода, в т.ч.	47,2841
– земли населенных пунктов пст. Нижний Доманик, вновь отводимые	1,0900
– земли населенных пунктов пгт. Ярега, вновь отводимые	1,1492
– земли населенных пунктов пст. Первомайский, вновь отводимые	1,9228
– земли лесного фонда ГУ «Ухтинское лесничество», Ухтинское участковое лесничество, квартал № 198, вновь отводимые	4,9718
– земли, в аренде ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»	38,1503

Выбор проектируемых трасс выполнен из условия минимизации нанесения ущерба окружающей природной среде и обеспечения высокой надежности и безаварийности в период эксплуатации трубопроводов. При выборе трассы трубопроводов максимально использовалась возможность размещения ее вне водоохранных зон, на заболоченных участках и землях с менее ценными породами деревьев. При этом учитывались инженерно-геологические условия района строительства, применяемые методы производства строительного-монтажных работ. Выбор труб выполнен на основании расчетов на прочность с учетом номенклатуры заводов-изготовителей и карточки согласования оборудования, материалов и конструкций, применяемых в проекте.

Решениями проектной документации предусматривалось размещение следующих объектов:

- площадки секционного проветривания уклонных блоков площадью: 4,7 га; 6,1 га; 5,1 га; 3,8 га; 3,6 га;
- конденсатопроводы с площадок секционного проветривания протяженностью: 1145,7 м; 2090,3 м; 9,99 м; 1360,0 м; 1499,6 м;
- основные паропроводы на площадки секционного проветривания протяженностью: 610,76 м; 325,5 м; 9,9 м; 280,3 м; 475,7 м;

нефти, строительство сопутствующих сооружений, коммуникаций. Проектируемые трассы проходят в существующих коридорах коммуникаций либо в районе существующих площадок. Безопасность в районе прохождения трубопроводов обеспечивается расположением их на соответствующем расстоянии от объектов инфраструктуры. Трассы проектируемых трубопроводов проложены в одном техническом коридоре с существующими трубопроводами и линиями ВЛ. Расстояния до сооружений и между инженерными сетями и параллельными коммуникациями приняты в зависимости от класса и диаметра трубопроводов, транспортируемого продукта, назначения объектов и степени обеспечения их безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55990-2014 (минимальное расстояние между осями трубопроводов при условном диаметре до 150 мм включительно – 5 м). Строительно-монтажные работы выполняются преимущественно в зимний строительный сезон при промерзании деятельного слоя на глубину не менее 0,6 м, обеспечивающую устойчивую работу строительной техники [2].

Рассмотрим порядок разработки проекта планировки территории на примере объекта: «Реконструкция поверхностного комплекса НШ-1 НШПП "Яреганефть". Обустройство скважин секционного проветривания».

I – этап. Исходно-разрешительная документация на подготовку проекта планировки.

Основанием для разработки проекта планировки территории послужили следующие документы:

- Постановление Администрации Муниципального образования городского округа «Ухта» «О подготовке документации по планировке территории под объект «Реконструкция поверхностного комплекса НШ-1 НШПП "Яреганефть". Обустройство скважин секционного проветривания».

- Задание на разработку, согласование, утверждение проекта планировки территории, проекта межевания территории по объекту: «Реконструкция поверхностного комплекса НШ-1 НШПП "Яреганефть". Обустройство скважин секционного проветривания».

II – этап. Подготовка исходных данных для разработки проекта планировки.

Проект планировки территории разработан в соответствии со следующими документами: отчетные материалы по результатам комплексных инженерных изысканий по объекту; по инженерно-геологическим изысканиям (ООО НИПППД «Недра»); по инженерно-геодезическим изысканиям; по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям; по инженерно-экологическим изысканиям (ООО НИПППД «Недра»); топографическая съемка участка работ М 1:500, М 1:2000, (ООО НИПППД «Недра»); кадастровый план территории кадастровых кварталов 11:20:1001001, 11:20:1001002, 11:20:1001003 в системе координат МСК-11 и 11:20:0401001, в системе координат СК-63 Q5.

III – этап. Разработка, согласование проекта планировки.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, рассмотрев документацию по планировке территории, согласовало документацию в представленном виде применительно к землям лесного фонда. Образуемые лесные участки расположены в границах земель Ухтинского участкового лесничества, квартал №198.

IV – этап. Подготовка материалов для обоснования проекта планировки.

В данном проекте разработана графическая часть материала по обоснованию проекта планировки территории:

- схема расположения элементов планировочной структуры для размещения линейных объектов М1:25000;

- схема использования территории в период подготовки проекта планировки территории М1:5000;

- схема вертикальной планировки, инженерной подготовки и инженерной защиты территории М1:5000;

- схема границ зон с особыми условиями территории М1:25000; М1:5000;

- схема конструктивных и планировочных решений М1:5000.

Также подготовлены материалы по обоснованию проекта планировки территории.

пояснительная записка.

V – этап. Утверждение проекта планировки территории.

После утверждения документация по планировке территории подлежит опубликованию и размещается на официальном сайте администрации МОГО «Ухта» в сети «Интернет».

Разработанные материалы проекта планировки являются основой для осуществления последующих стадий планирования территорий – проектов межевания, проектов планировки отдельных кварталов, микрорайонов, планов земельных участков [3].

Библиографический список:

1. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: [федер. закон принят Гос. Думой 22.12.2004: одобр. Советом Федерации 24.12.2004: с изм. внес. ФЗ от 31.12.2017 N 507-ФЗ] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [дата обращения 03.03.2021].
2. ГОСТ Р 55990-2014. Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования: национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2014-12-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110076> (дата обращения: 04.03.2022).
3. Земельный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 16 февраля 2022 (редакция, действующая с 01 марта 2022 года) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/744100004> (дата обращения: 01.03.2022).

УДК 528.92: 631.11

Применение трехмерного моделирования в рамках оценки эрозии почв

Кириенко А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одним из популярных технологических способов работы с данными в геодезии и смежных науках, в частности в землеустройстве и кадастре недвижимости, стало активное использование 3D-моделирования. В настоящее время наиболее ценится цифровая актуальная, полная и достоверная информация о недвижимости и природных ресурсах. При этом влияние субъективных факторов на итоговую информационную модель должно быть сведено к минимуму. Такая информация, представленная в трехмерном виде, позволяет наиболее полно и эффективно использовать имеющиеся ресурсы, объекты недвижимости и природопользования.

В 1962 году за рубежом впервые была создана программа трехмерной визуализации, которая позволяла отображать самые простейшие 3D-модели. С конца 80-х годов XX века компьютерное моделирование начинает активно развиваться в нашей стране. Первые системы автоматизации проектных работ (САПР) создавались и развивались на индивидуальной основе без поддержки государственных структур. Именно на базе САПР началось развитие трехмерного моделирования и была реализована параметризация. К началу 2000-х годов появились первые отечественные продукты 3D-моделирования [1].

В настоящее время трехмерное моделирование играет важную роль в жизни общества. Наибольшее распространение использования трехмерных моделей наблюдается в следующих сферах:

- архитектура, инженерное проектирование, гражданское, дорожное и гидротехническое строительство;
- воздушный, водный, наземный, подземный транспорт и навигация;
- моделирование катастроф и чрезвычайных ситуаций;
- медицина, в особенности хирургия;
- кино, телевидение и реклама;
- художественный дизайн и презентации, компьютерные игры и т.д.

Среди перспективных сфер использования трехмерного моделирования можно выделить землеустройство и кадастры. Это связано в первую очередь с тем что, принятие решений по данным направлениям требует актуальной и полной информации о широкой совокупности параметров, показателей и объектов. Однако большой объем получаемой и собранной ранее информации не отвечает современным требованиям (например, для геодезических измерений объектов недвижимости используется плоская система координат). Часто это не позволяет корректно отображать сложные пространственные объекты и качественно моделировать различные процессы. Решение сложившейся ситуации может быть достигнуто путем перехода на трехмерное представление ситуации и рельефа, отображаемых на цифровых планах. Анализ научных статей в электронно-научной библиотеке elibrary.ru показал, что за последнее десятилетие интерес к трехмерному моделированию в землеустройстве и кадастрах в Российской Федерации возрастает (таблица 1).

Таблица 1 - Количество публикаций по тематике трехмерного моделирования в землеустройстве и кадастрах в Российской Федерации за 2011-2020 гг.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Количество публикаций	2	3	2	15	11	16	19	35	174	251

Актуальной проблемой для окружающей среды является эрозия почв. Водная эрозия является самой распространённой, ведь в России водной эрозии подвергается 19,3% почв сельскохозяйственных угодий. Ежегодно в России становится примерно на 0,5 млн га больше эродированных земель, по оценке РАН, только от этого вида деградации ущерб может достигать 18-25 млрд руб. в год. В первую очередь речь идет о возможных потерях урожая. Кроме того, с эрозией ежегодно вымывается 30-50% объема минеральных удобрений [2].

В землеустройстве трехмерные модели активно используются для анализа эрозионных процессов. Геоинформационные системы достаточно сильно помогают изучать влияющие на почву внешние факторы, для этого используют практически все слои в ГИС (рисунок 1). С помощью трехмерной модели рельефа можно провести оценку эрозионной опасности почв и земель, что необходимо для прогноза возможной деградации плодородного слоя и разработки мер по предотвращению эрозии.

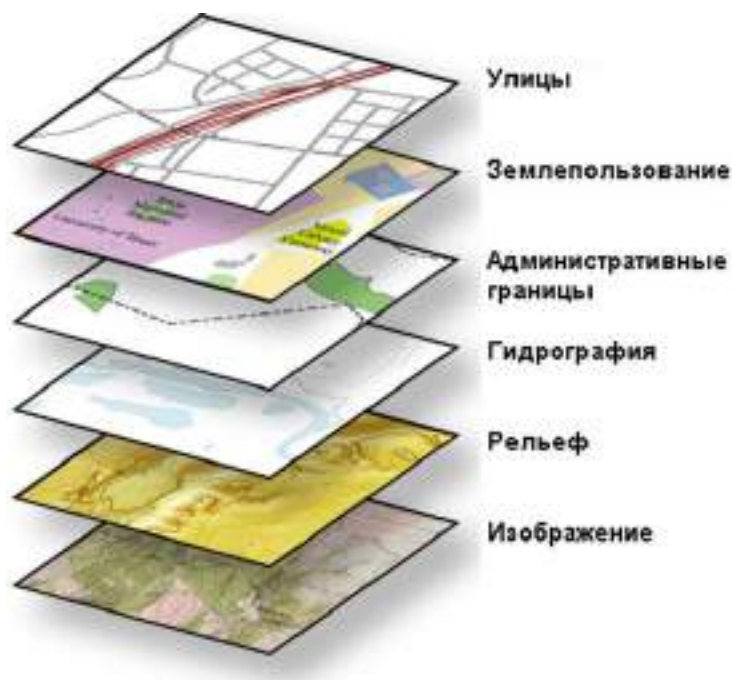


Рисунок 1 – Слои в геоинформационной системе

Моделирование территории дает возможность оценить опасность эрозии в пространственных условиях на различных типах почв, растительного покрова, при меняющихся внешних условиях. Поэтому использование 3D-моделей при проектировании противоэрозионных мероприятий является необходимым условием формирования экологически сбалансированных ландшафтов [3].

В настоящее время многие отечественные сельскохозяйственные предприятия ведут производственную деятельность с применением геоинформационных систем и трехмерных моделей, где накоплены данные об обрабатываемой территории, проводимых технологических операциях по обработке почвы, данные дистанционного зондирования, сведения о качественном состоянии земель, кадастровых границах, растительном покрове, смежных территориях, почвенном плодородии и т.п. Данные модели составляются на основе открытых, платных и самостоятельно полученных сведений, в том числе с беспилотных летательных аппаратов, сельскохозяйственной техники, оснащенной спутниковым оборудованием и системами точного земледелия.

На сегодня популярными программными продуктами для трехмерного представления среды являются 3ds Max, SketchUp, Maya, ArcGIS.

Цифровая 3D-модель рельефа позволяет определить размещение основных элементов противоэрозионной организации территории в системе контурно-мелиоративной организации землепользования. С помощью нее производится построение картограммы классов потенциальной эрозионной опасности. Картограмма потенциальной эрозионной опасности земель разрабатывается на основе учета показателей эрозионного потенциала ливневых осадков, поверхностного склонового стока талых вод, смываемости почв и влияние рельефа на интенсивность эрозионных процессов при использовании земель в системе чистого пара или зяби. Для проведения оценки эрозионной опасности почв первоначально строится трехмерная модель местности (рисунок 2).

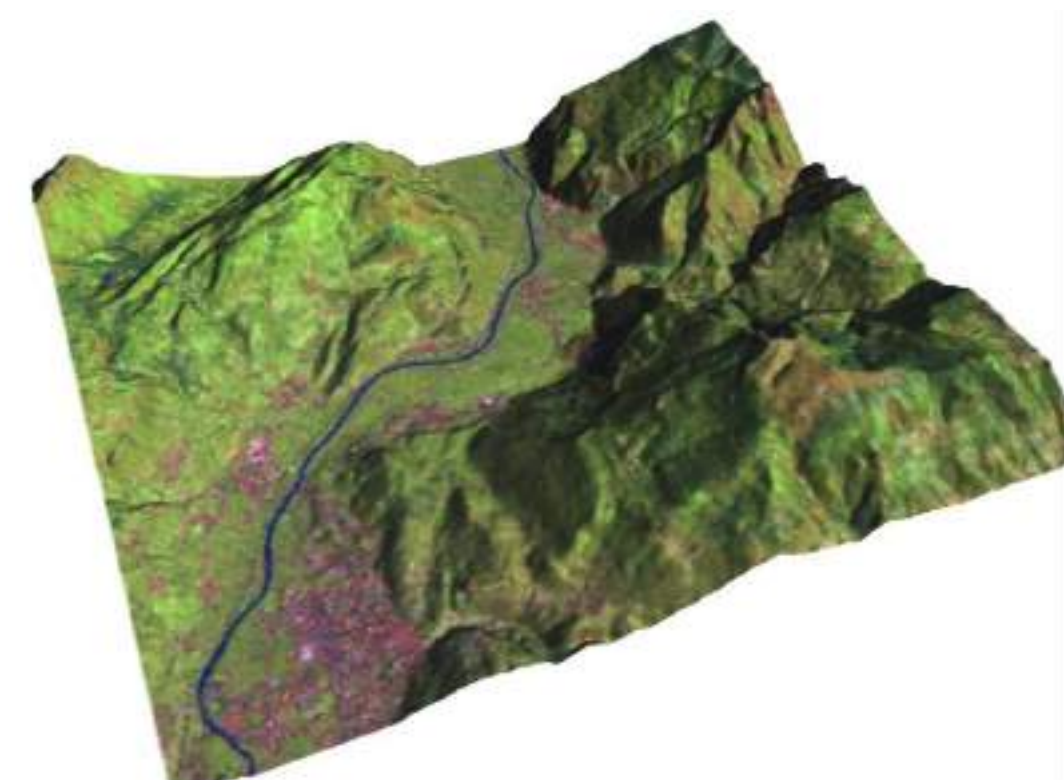
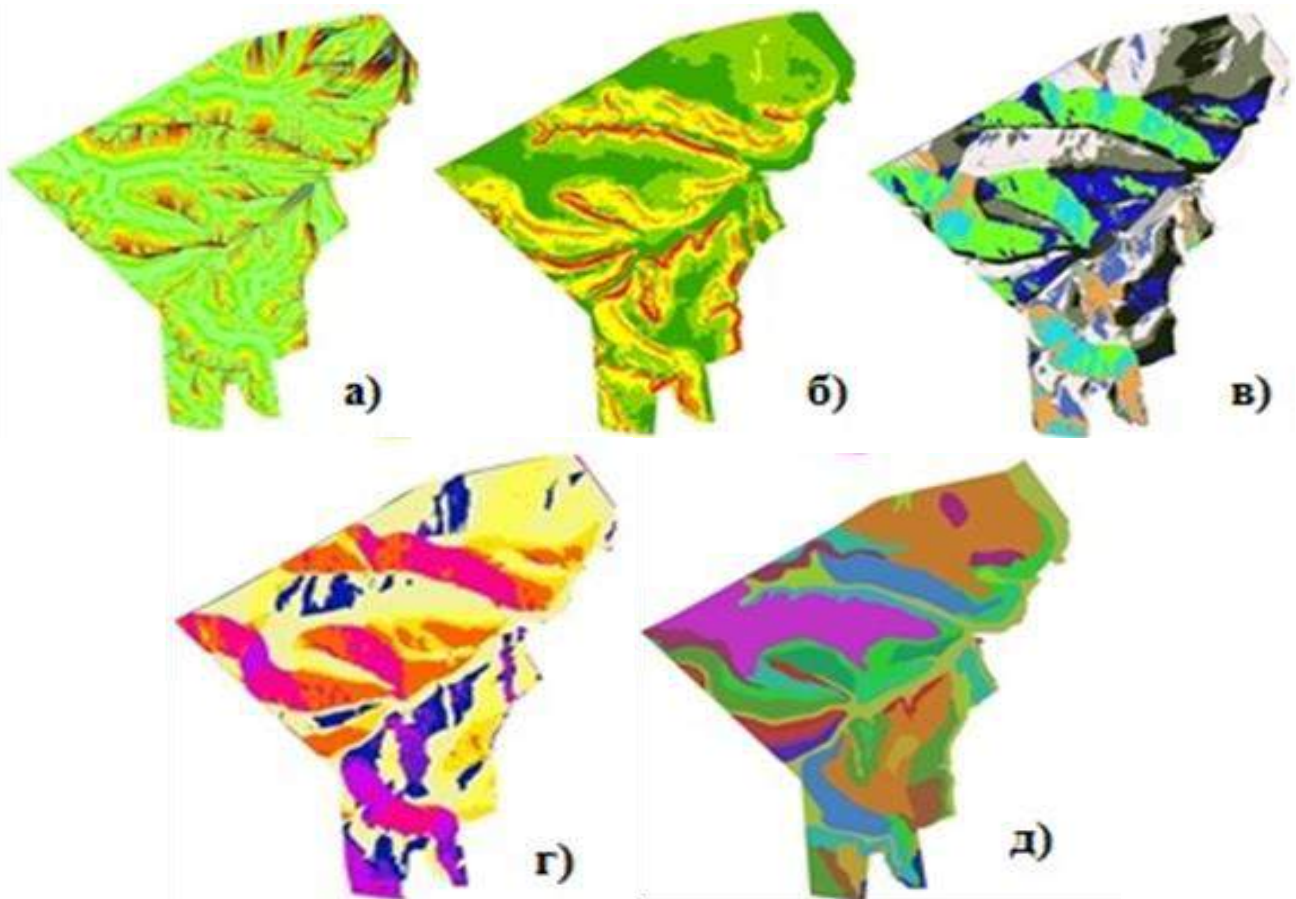


Рисунок 2 – трехмерная модель местности

Каждому пикселю на растре присвоен коэффициент, снижающий или увеличивающий действие какого-либо другого фактора. В результате анализа, средствами ГИС, образуются картограммы длин склонов, уклонов, направлений стока и экспозиций склона (рисунок 3).



а) длины склона, б) уклона, в) направления стока, г) экспозиции склона, д) почвенная карта, е) картограмма классов потенциальной эрозионной опасности

Рисунок 3 – построение картограмм

На основе данных картограмм, а также почвенной карты составляется картограмма классов потенциальной эрозионной опасности земель (рисунок 4).

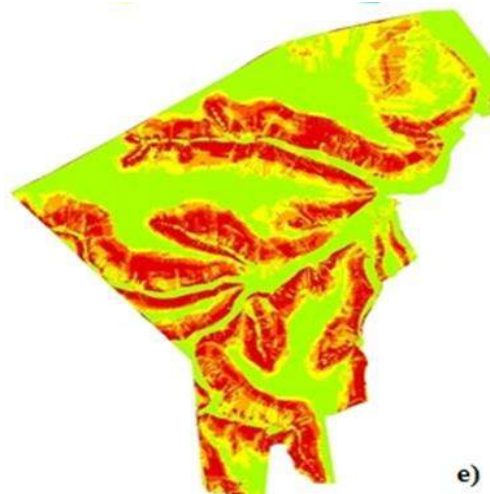


Рисунок 4 – построение картограммы классов потенциальной эрозионной опасности

Компьютерный метод построения имеет существенные преимущества:

– при наличии должных навыков позволяет быстро и качественно решить задачу, затруднение может вызвать лишь построение 3D-модели местности, в связи с отсутствием трехмерных данных в электронном виде, однако современные тенденции цифровой картографии и геодезии в скором времени упразднят проблему;

- полноценный учет рельефа;
- возможность быстрого обновления картограммы, при изменении или добавлении каких-либо факторов;
- пространственная точность построения ограничивается лишь пространственным разрешением исходных растров, и точностью построения трехмерной модели;
- возможность интегрирования и анализа данных картограммы классов потенциальной эрозионной опасности с другими данными.

Картограмма эрозионной опасности является необходимым элементом при проектировании системы ландшафтно-экологического землеустройства, оценке существующего размещения севооборотов, экологической эффективности системы землепользования.

Использование трехмерных моделей позволило ускорить и упростить процесс исследования во многом расширить границы применения методики определения потенциального смыва почв, корректировать их в зависимости от природно-климатических условий, достичь более высокой точности, дало возможность дальнейшего использования продукта исследования, в том числе для математической обработки. Так как рельеф агроландшафта является по большей мере статическим и практически не изменяется из года в год, 3D-модели очень долго остаются актуальными.

Библиографический список:

1. Астафьева, В. В. Компьютерное моделирование в России / В. В. Астафьева // Молодой ученый. – 2016. – № 21 (125). – С. 747-750. – URL: <https://moluch.ru/archive/125/34919/> (дата обращения: 10.03.2022).
2. Охрана окружающей среды в России. 2020: Статистический сборник / Росстат. – М., 2020. – 113 с.
3. Саприн С.В., Крюкова Н.А. Современные подходы к ландшафтно-экологическому землеустройству с применением геоинформационных технологий // Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений министерства сельского хозяйства российской федерации. Землеустройство и кадастры : сборник научных трудов. - СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2013. - С. 66-71.

УДК 502.3/7

Оценка содержания тяжелых металлов в почвах города Ухта

Басюк А.С., Скребенков Е.А., Уляшев А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Проблема химического загрязнения окружающей среды в настоящее время достигла огромных масштабов, на Земле почти не осталось территорий, не подверженных данному воздействию. Из всего многообразия загрязнителей особо выделяются тяжелые металлы – группа неорганических поллютантов, способных накапливаться в живых организмах и оказывать на них токсическое воздействие. Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами наиболее сильно проявляется в промышленных городах, являющихся местами концентрации населения и хозяйственной инфраструктуры. Наибольшую химическую нагрузку в городах испытывает городская почва, где происходит активное накопление, миграция и трансформация загрязняющих веществ. Городские почвы – это своеобразные индикаторы экологического состояния городской среды.

Цель данной работы заключалась в оценке содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Ni) в почвах города Ухта.

Данные элементы относятся к числу приоритетных тяжелых металлов (1 и 2 классы опасности), за содержанием которых рекомендован постоянный контроль в разных средах, в том числе и в почве [1]. Важнейшими источниками их поступления в окружающую среду являются

предприятия металлургического профиля, теплоэнергетика, а также места скопления отходов.

Для реализации поставленной цели были отобраны образцы почв в 3 точках, соответствующих разным функциональным зонам города – транспортной, промышленной и рекреационной. Характеристика исследованных точек представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика точек отбора почвенных образцов

№ точки	Местоположение	Тип растительности	Механический состав почвы	pH _{KCl} почвы	Содержание углерода органического в почве, %
1	Центральный перекресток города (проспект Космонавтов – проспект Ленина)	Травянистый	Песчаный	6,93	4,47
2	Северо-западная граница левобережного промышленного узла	Травянистый	Супесчаный	7,34	2,55
3	Детский парк имени Г.А. Карчевского	Лесной (Сосновый лес)	Песчаный	5,43*	24,09*

* – для горизонта A₀

Почвы отбирали методом конверта из пяти почвенных прикопок с глубины 0–10 см. Анализировали смешанные образцы, пробоподготовку которых проводили в соответствии с общепринятыми методами. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов определяли в экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборах SpectroCyros CCD и SpectroArcos. Оценку их содержания в почвах города Ухта проводили путем сравнения экспериментальных данных с существующими санитарно-гигиеническими нормативами [1], с кларками содержаний в верхней части континентальной земной коры [2] и в почвах малых городов с населением менее 100 тыс. человек [3], а также с фоновыми показателями, установленными для природных почв района исследования [4] (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели для оценки содержания тяжелых металлов в почвах города Ухта

Показатель	Значение показателя, мг/кг		
	Pb	Cd	Ni
ОДК (валовое содержание) [1]	32	0,5	20
ПДК (содержание подвижных форм) [1]	6	–	4
Кларк в.ч.з.к.* [2]	17	0,09	50
Кларк городских почв** [3]	39,5	1,4	18,4
Фоновое содержание*** [4]	4	0,2	2

* – кларк содержаний тяжелых металлов в верхней части континентальной земной коры;

** – для малых городов с населением менее 100 тысяч человек;

*** – установленное для подзолов Ухтинского и Сосногорского районов Республики Коми.

Почвенный покров города Ухта представлен преимущественно искусственными почвоподобными образованиями малой мощности, сформированными из привозных

материалов – песка и торфа. Основанием подобных грунтов практически повсеместно служит твердая отсыпка из щебнисто-гравийных смесей, а также, в некоторых случаях, из строительного мусора. Естественные почвы сохранились фрагментарно на отдельных территориях преимущественно рекреационной зоны.

Как показали проведенные исследования, самые высокие концентрации изученных элементов, как по валовому содержанию, так и по содержанию подвижных форм, соответствуют промышленной зоне (рисунки 1,2,3), что, очевидно, связано с повышенным уровнем техногенного воздействия. В почве рекреационной зоны отмечено самое высокое содержание кадмия, что может быть обусловлено геохимическими особенностями исследуемой территории.

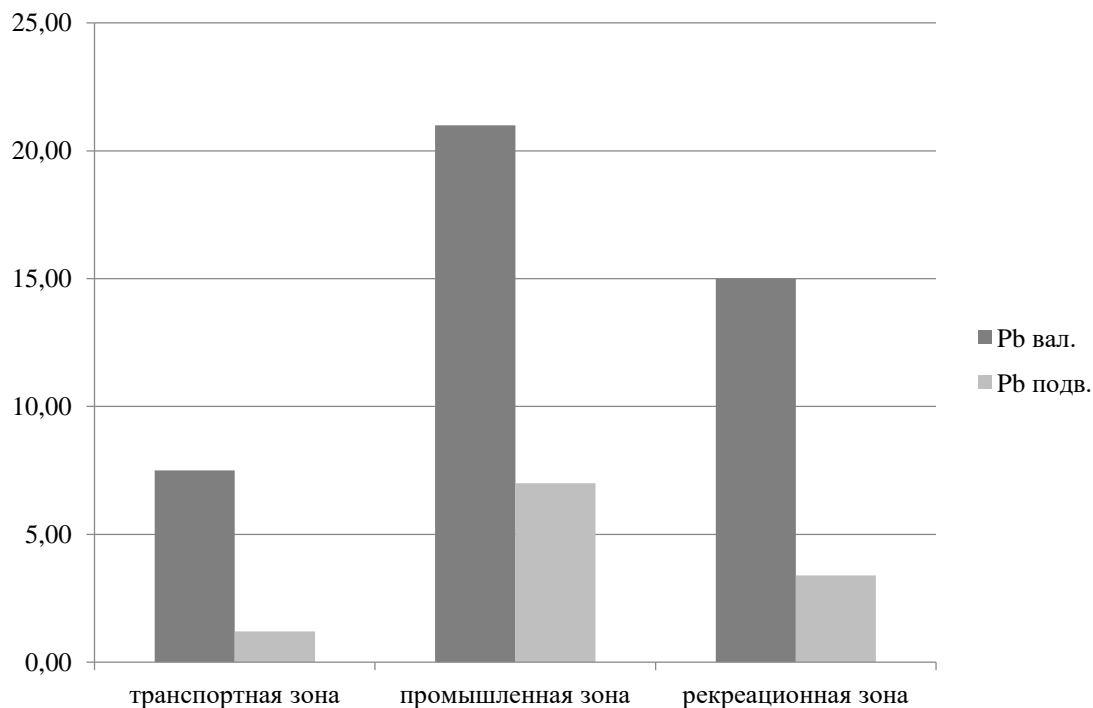


Рисунок 1 – Содержание свинца в почвах города Ухта, мг/кг

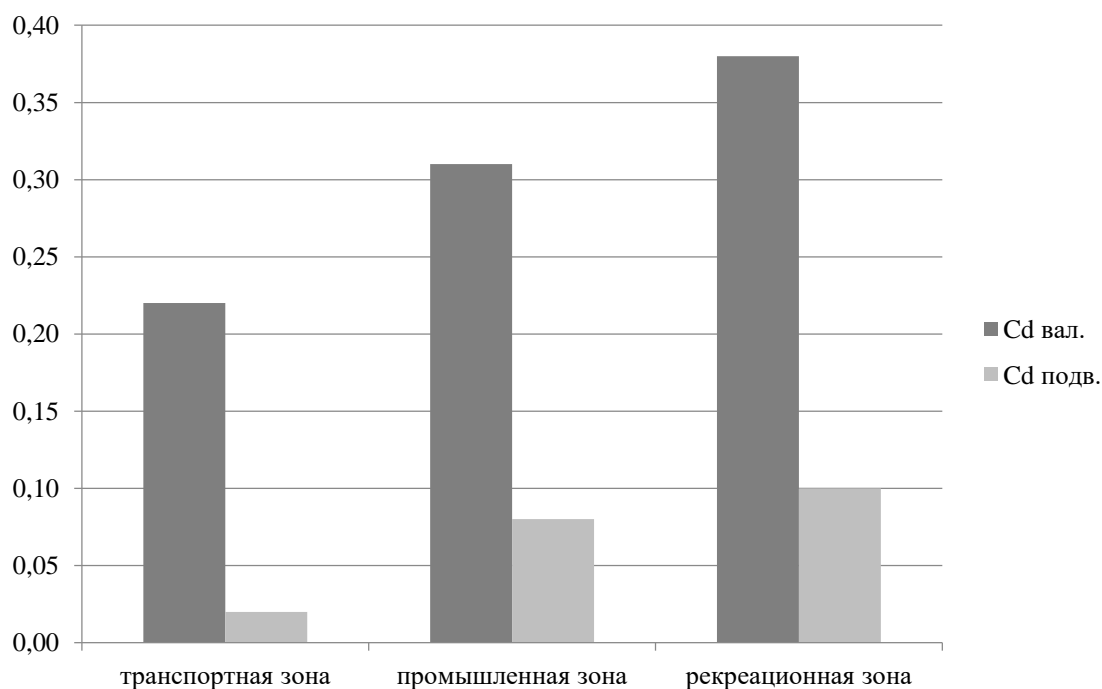


Рисунок 2 – Содержание кадмия в почвах города Ухта, мг/кг

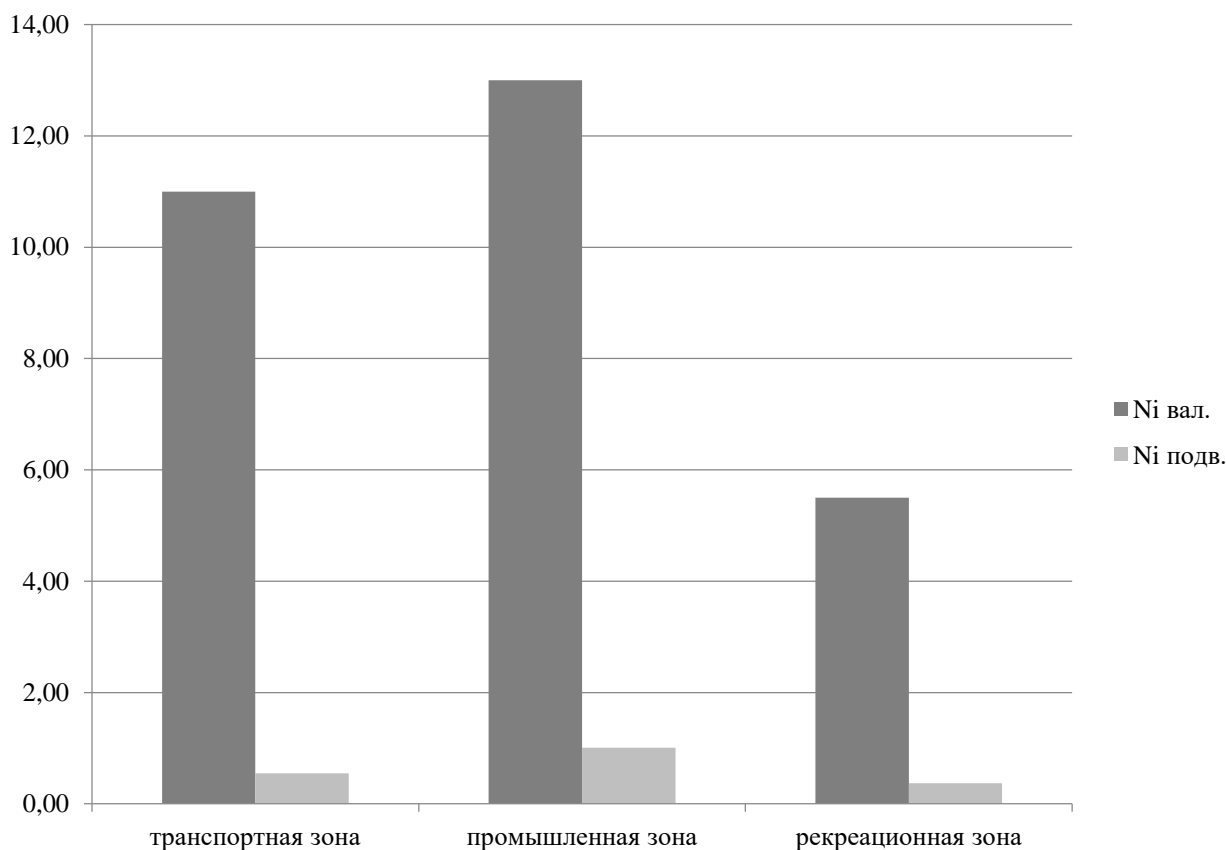


Рисунок 3 – Содержание никеля в почвах города Ухта, мг/кг

Валовое содержание тяжелых металлов не превышает санитарно-гигиенические нормативы, содержание подвижных форм превышено для свинца в почвах промышленной зоны и составляет 1,16 ПДК.

Кларки содержания в верхней части континентальной земной коры превышены для кадмия во всех зонах, максимально в зоне рекреации – в 4,2 раза; а также для свинца в промышленной зоне – в 1,23 раза.

Кларки, установленные для почв городов с населением менее 100 тысяч человек, в исследованных почвах не превышены

Фоновые показатели для почв рекреационной зоны (парк имени Г.А. Карчевского) превышены по содержанию всех изученных элементов – минимально для кадмия (в 1,9 раза), максимально для свинца (в 3,75).

Согласно полученным данным (рисунок 4), наибольшей степенью подвижности тяжелых металлов (доля подвижных форм от валового содержания) характеризуются почвы промышленной и рекреационной зон, что, по-видимому, связано в рекреационной зоне – с более низкими показателями рН, а в промышленной – с более интенсивным техногенным воздействием, и, в целом, с низкой буферной способностью этих почв. Для кадмия и свинца установлена более высокая степень подвижности (до 26 и более %) по сравнению с никелем (до 8 %), что обусловлено их геохимическими особенностями.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить следующее. Почвы города Ухта в исследованных точках характеризуются относительно невысоким и безопасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами. Наибольшие их концентрации соответствуют промышленной зоне и, для кадмия, – рекреационной, что связано с комплексным влиянием естественных и антропогенных факторов. Степень превышения фоновых показателей с учетом геохимических особенностей в почве рекреационной зоны свидетельствует о более высоком вкладе антропогенной составляющей в содержание свинца и о более низком – в содержание кадмия. Ввиду низкой буферной способности исследованных почв, изученные элементы в ней

достаточно мобильны, что может стать причиной их активной миграции и загрязнения сопредельных территорий.

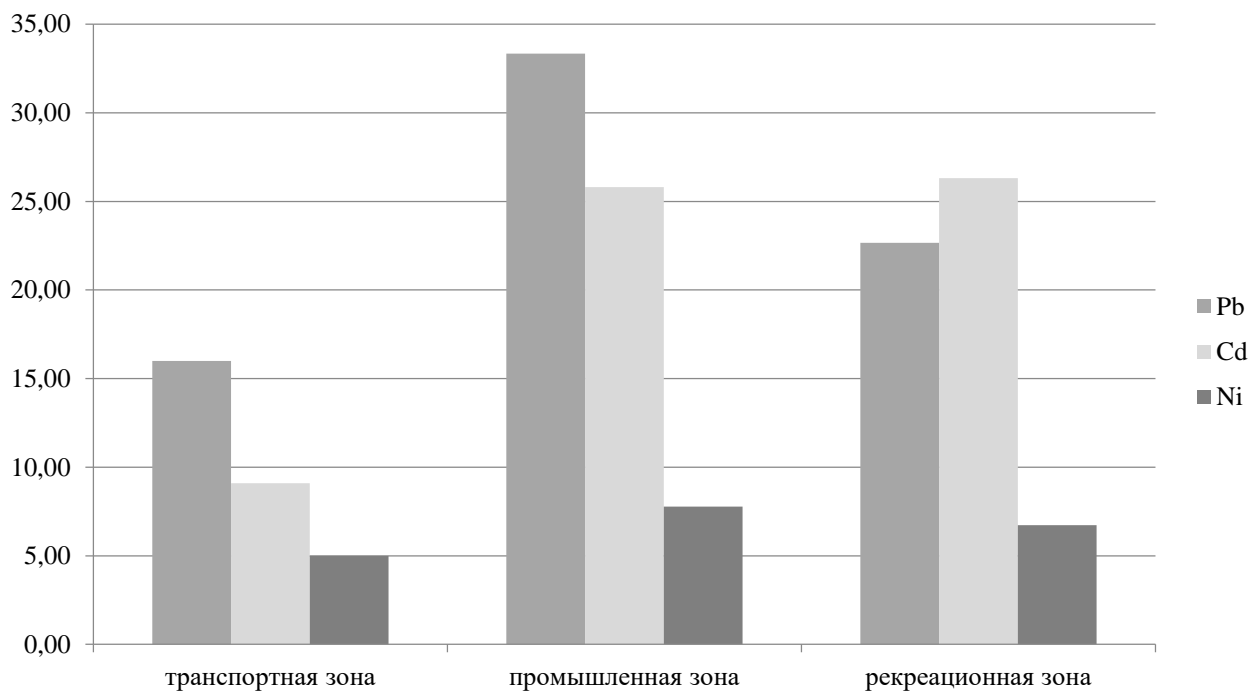


Рисунок 4 – Степень подвижности тяжелых металлов в почвах города Ухта, %

Библиографический список:

1. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2015. – № 2. – С. 7–17.
3. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2013. 380 с.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 25.11.2009 г. № 529 «Об установлении нормативов фоновое содержания химических элементов и углеводов в почвах Республики Коми».

УДК 631.4:577.1

Ферментативная активность почвы как показатель ее качества

Дроздова А.Р.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Почвенная среда обладает уникальной природной способностью к очищению от загрязнений. Очищение происходит в результате многих физико-химических процессов: испарения, гидролиза, сорбции, окислительно-восстановительных реакций и т. д., но самую важную роль в разложении поллютантов играет биодegradация, ключевым звеном которой являются почвенные ферменты, катализирующие специфические реакции, необходимые для восстановления загрязненных почв. Скорость ферментативных процессов часто превышает скорость процессов с участием химических катализаторов. Высокое практическое значение почвенных ферментов обусловлено техногенезом и урбанизацией, постоянно негативно воздействующими и на почву, и на окружающую среду в целом [1].

Известно более 1000 почвенных ферментов, в том числе участвующих в биодegradации

загрязняющих веществ и во всех типах обмена веществ живых организмов [1]. Ферменты присутствуют в почве в составе ее живого вещества (внутриклеточные ферменты, или эндоферменты), а также вне живых клеток (внеклеточные ферменты, или экзоферменты) [2]. Экзоферменты являются важнейшим и необходимым компонентом почвы, принимающим непосредственное участие в распаде органических остатков и минеральных соединений; в биогенезе гумуса; в поддержании биохимического гомеостаза почвы; в трансформации поллютантов до более простых и менее токсичных продуктов или их полной деградации [1, 2]. Большинство таких ферментов находится в иммобилизованном состоянии на глинистых минералах, гумусе, органо-минеральных коллоидах. Активность связанных ферментов обычно ниже, чем свободных, но они намного дольше сохраняются в почве, являются значительным резервом ферментативной активности и могут чутко реагировать на изменение свойств загрязненной почвы. Ферментативная активность почв является интегральным показателем функциональной активности почвенной биоты и ее способности к разнообразным биохимическим превращениям. Данный показатель характеризуется относительной стабильностью, простотой определения и высокой чувствительностью к внешним воздействиям [1].

Основные источники почвенных ферментов – корневые системы растений, микроорганизмы, комплексы растений и микроорганизмов. Микробные ферменты весьма разнообразны, и включают широкий ряд гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов – гидролаз и оксиредуктаз. Основным источником оксиредуктаз являются грибы: целлюлозоразрушающие, микоризные, микромицеты, базидиомицеты. Особый интерес представляют грибы – возбудители белой гнили, обладающие высокой ферментативной активностью, живущие на различных субстратах и способные окислять многие загрязнители [1].

Биоразлагаемость поллютантов зависит от их структуры, свойств, концентрации, степени устойчивости. Синтетические вещества будут разлагаться лишь в том случае, если в почве найдется фермент (либо комплекс ферментов), способный катализировать реакцию их разложения до промежуточных продуктов, которые могут быть использованы микроорганизмами почвы. Зная структуру вещества, наличие разветвленности, тип связи между атомами и т. д., можно теоретически предсказать степень его биоразлагаемости: загрязнители типа алифатических углеводов, спирты, фенолы, кислоты легко подвергаются деструкции; полихлорированные бифенилы (ПХБ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и пестициды разлагаются с трудом [1].

В этом плане особый интерес представляют ферменты психрофильных и термофильных микроорганизмов, т. е. организмов, адаптированных к экстремальным условиям. Ферменты таких микроорганизмов устойчивы к различным денатурирующим агентам и проявляют повышенную каталитическую активность [1].

Самым универсальным ферментом, участвующим в биодegradации фенольных соединений, ПАУ, хлорфенолов, алкилфенолов и их производных, а также фосфорорганических пестицидов, является фермент *лакказа*. Вместе с другими ферментами – лигнин-пероксидазой и Mn-зависимой пероксидазой – лакказа образует комплекс лигнинразлагающих ферментов грибов – мощную окислительную систему внеклеточных ферментов, способную окислять многие токсичные поллютанты. Лакказа катализирует окисление фенолов, анилинов, ароматических тиолов. Например, снижение концентрации многих ПАУ – антрацена, пирена, фенантрена – под действием Mn-пероксидазы составляет от 30 до 100%, в зависимости от продуцента и условий культивирования; под действием лакказы концентрация антрацена снижается на 80%, 2,4-дихлорфенола – на 96% [1].

Активность почвенных ферментов возрастает в присутствии модификаторов – синтетических или природных соединений (*n*-кумаровая кислота, 1-гидроксибензотриазол, 2,4,6-триметилфенол), выполняющих функцию промежуточных субстратов для ферментов. Например, при внесении в реакционную смесь 1-гидроксибензотриазола значительно возрастает активность лакказы гриба белой гнили *Marasmius quercophilus*, и время биодegradации ПАУ (антрацена) сокращается до 6 ч [1].

Большую проблему для окружающей среды представляют синтетические полимеры:

полиакрилаты, полиуретаны, полиамиды, нейлон, смешанные композиции различных материалов – труднорастворяемые вещества, высоко устойчивые к действию ферментов. В некоторых случаях деградация синтетических полимеров осуществляется внеклеточными ферментами типа эстераз и деполимераз. Например, твердый полиэстер – полиуретан – разлагается внеклеточной эстеразой, продуцируемой грамотрицательной бактерией *Comamonas acidovorans*; синтетический полиамид – нейлон разлагается грибами *Phanaerochaete chrysosporium*, *Trametes vesicolor* под действием их лигнолитических ферментов [1].

Несмотря на ведущую роль ферментов в биодеградации загрязняющих веществ различной природы, их применение для биоремедиации загрязненных почв пока ограничено. Этому препятствуют как одновременное присутствие в почве нескольких поллютантов, оказывающих синергетическое негативное действие на активность ферментов, так и высокая стоимость выделения и очистки ферментов и их низкая стабильность в природных условиях. Для повышения стабильности ферментов в почве проводят их иммобилизацию на различных носителях. органического (целлюлоза, декстран, хитозан) и неорганического (цеолит, антрацит, глина) происхождения [1].

Работами многих авторов доказана высокая эффективность мониторинга и диагностики состояния загрязненных почв с помощью показателей ферментативной активности [1].

Одними из самых распространенных загрязнителей почв являются углеводороды нефти и содержащиеся в них тяжелые металлы. Токсичность нефти определяется главным образом наличием в ней летучих углеводородов (бензола, ксилола, толуола), нафтенов и других фракций, растворимых в воде. Особую опасность представляют полиароматические углеводороды (ПАУ), многие из которых являются канцерогенами. Такие соединения, как 3,4-бензпирен, бенз[*a*]антрацен, овален и др. обладают ярко выраженными канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами [1].

Высокий уровень уреазной активности в нефтезагрязненной почве говорит о высокой устойчивости этого фермента к нефти и нефтепродуктам. После завершения основных процессов деструкции нефти активность уреазы снижается, а активность каталазы возрастает. В биодеструкции нефти и нефтяных углеводородов участвуют окислительно-восстановительные ферменты – каталаза, фенолоксидаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, дегидрогеназа. Дегидрогеназная активность наиболее чувствительна к нефтяному загрязнению и может служить биоиндикатором загрязнения экосистем. Таким образом, эти ферменты могут быть использованы для диагностики нефтезагрязненных почв. [1].

Длительному сохранению поллютантов в почве способствует также многообразие органических компонентов нефти, оказывающих негативное действие на ферменты и продуцирующие их микроорганизмы. Кроме того, негативное действие на почвенные ферменты оказывают присутствующие в составе нефти тяжелые металлы: цинк, медь, хром, никель, олово, свинец и др. Действие металлов на ферменты зависит как от концентрации металла, так и от свойств фермента. Например, с увеличением в почве концентрации Ni, Cu, Mn больше фоновых показателей, но не превышающих 3-кратной величины ПДК, наблюдалась стимуляция активности уреазы и каталазы. Zn негативно влияет на инвертазу и фосфатазу, а Cu снижает активность уреазы и инвертазы, но не оказывает влияния на фосфатазу. Sr в концентрациях, превышающих фоновые показатели (но в пределах ПДК), негативно влияет на каталазу. Металлы могут оказывать негативное действие как на отдельные этапы микробного метаболизма, так на численность микроорганизмов, их видовой состав, а, следовательно, и на разнообразие образуемых ими ферментов. Влияние металлов на активность ферментов зависит не только от их концентрации, но и от их биодоступности. В почве металлы присутствуют в подвижном и связанном виде. Наибольшее воздействие как на почвенные микроорганизмы, так и в целом на ферментативную активность почв оказывают подвижные формы металлов. На подвижность металлов, в свою очередь, влияют многие факторы: pH среды, окислительно-восстановительные условия, гранулометрический состав, общее содержание органических веществ, групповой и фракционный состав гумуса и т. д. [1].

Для оценки здоровья почв применяются *интегральные* показатели ферментативной

активности почвы, учитывающие активность не одного, а нескольких почвенных ферментов. Используют индексы, включающие комплекс биологических показателей почвы. Например, индекс, рассчитанный на основании активности 3-х ферментов – глюкозидазы, фосфатазы и уреазы, достаточно точно отражает изменения, произошедшие в различных почвах в условиях антропогенного воздействия, в т. ч. при загрязнении тяжелыми металлами и нефтепродуктами. При расчете этого и других индексов используют не любые, а наиболее информативные показатели биологической активности почвы, каждый из которых отражает определенное направление биологических и биохимических процессов. Снижение показателя, как правило, находится в прямой зависимости от степени воздействия антропогенного фактора [1].

Комплексный характер показателей сглаживает разноплановость отклика отдельных ферментов и более точно отражает совокупность происходящих в почве процессов, что позволяет использовать их для биоиндикации и оценки состояния загрязненных почв. Величина интегральных индексов и показателей загрязненных почв снижается даже тогда, когда активность отдельных почвенных ферментов возрастает [1].

Высокая чувствительность, точность и простота методов ферментативного анализа, возможность получить ценную информацию об интенсивности и направлении биохимических процессов, столь важных для здоровья почвы, создают хорошие перспективы для использования показателей ферментативной активности в целях биодиагностики почв [1].

Кроме этого, почвенные ферменты могут быть надежным и чувствительным индикатором загрязнения почв, что позволяет оценить уровень загрязнения и состояние почвенной экосистемы до, после и в процессе ее восстановления, и способствует разработке мер по реабилитации антропогенно-нарушенных экосистем. В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на почвенные экосистемы, особенно важно представлять, каким образом уровень загрязненности почв, их химические и биологические свойства влияют на синтез, активность и устойчивость ферментов, их выделение в окружающую среду и распределение в почве. Такая информация важна не только для почвенной энзимологии и экологии микроорганизмов, но и для оценки эффективности методов биоремедиации антропогенно-нарушенных почв [1].

Библиографический список:

1. Поляк, Ю.М. Почвенные ферменты и загрязнение почв: биодegradация, биоремедиация, биоиндикация [Электронный ресурс]. – <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=agro&y=2020&v=0&n=3&a=Agro2001012Polyak> (дата обращения 01.03.2022).
2. Поволоцкая, Ю.С. Общее представление о почвенных ферментах [Электронный ресурс]. – <https://cyberleninka.ru/article/n/obschee-predstavlenie-o-pochvennyh-fermentah/viewer> (дата обращения 01.03.2022).

УДК 550.4.02

Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды на территории нефтяного месторождения

Лаврентьева А.В., Федак А.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Экосистемы Севера России, находящиеся в экстремальных климатических условиях, неустойчивы и крайне чувствительны к любым техногенным воздействиям. Вместе с тем, данные экосистемы являются важной и неотъемлемой частью глобального биосферного каркаса, поддерживающего существование жизни на Земле. В наши дни многие территории Севера испытывают сильное и все возрастающее техногенное воздействие. Добыча и транспорт углеводородов ведут к ухудшению экологической ситуации, деградации ландшафтов и разрушению экосистем. Поэтому все большую значимость приобретают вопросы охраны

окружающей среды – оценка воздействия и экологический мониторинг.

Но при проведении таких работ, как на этапе геохимического опробования, так и при интерпретации результатов, часто допускаются грубые ошибки, не позволяющие получить представление о реальном состоянии компонентов окружающей среды и, соответственно, вовремя принимать меры для исправления ситуации.

Примером может служить мониторинг, проведенный в 2013-2017 гг. на территории деятельности нефтедобывающей компании в Усинском районе Республики Коми. Мониторинг проводился специализированной организацией, аккредитованной в данной области и имеющей все необходимые сертификаты. Основной задачей мониторинга окружающей среды на территории деятельности данной нефтедобывающей компании было получение информации о современном состоянии объектов окружающей среды (поверхностных вод, почво-грунтов, подземных вод) с учетом действующих нормативов и ограничений по природопользованию; оценка санитарно-экологической обстановки.

В рамках данного мониторинга проводилось периодическое гидрохимическое опробование поверхностных вод в семи точках: озеро Безымянное, ручей Сынатывис, ручей Безымянный-1, озеро Сынаты, ручей Безымянный-2, Река Колва, Болото Хатаяха-Нюр.

Далее проводился анализ отобранных проб по сорока показателям, таким как цветность, запах, рН, сухой остаток, общая жесткость, перманганатная и бихроматная окисляемость, БПК₅, содержание взвешенных веществ, растворенного кислорода, фенолов, нефтепродуктов, АПАВ, основных ионов, алюминия, железа, марганца, свинца, кадмия, ртути, мышьяка, меди, цинка, кобальта, никеля, хрома, молибдена, фторидов, биогенных веществ (нитрат- и нитрит-ионов, аммония и фосфатов). Данные анализов сопоставлялись с нормативами ПДК для рыбохозяйственных водных объектов (ПДКр.х.) и выявлялось наличие превышений.

Превышения ПДКр.х. в контрольных точках регулярно наблюдались по запаху, перманганатной окисляемости, ХПК, содержанию Fe, Mn, Cu, фосфатов; периодически – по БПК₅, содержанию взвешенных веществ, растворенного кислорода, нефтепродуктов, фенолов, Al, Pb, Zn, Cd, Cr, Mo, аммония, нитритов.

Затем по данным мониторинга, проведенного в 2016 и 2017 гг. в отчете был рассчитан удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и сделаны выводы о качестве воды в контрольных точках.

На основании значений УКИЗВ выделяются на 5 классов загрязненности воды:

- 1-й – условно чистая (УКИЗВ ≤ 1),
- 2-й – слабо загрязненная (УКИЗВ от 1 до 2),
- 3-й – разряд «а» – загрязненная (УКИЗВ от 2 до 3),
- 3-й – разряд «б» – очень загрязненная (УКИЗВ от 3 до 4),
- 4-й – разряд «а» – грязная (УКИЗВ от 4 до 6),
- 4-й – разряд «б» – грязная (УКИЗВ от 6 до 8),
- 4-й – разряд «в» – очень грязная (УКИЗВ от 8 до 10),
- 4-й – разряд «г» – очень грязная (УКИЗВ от 10 до 11),
- 5-й – экстремально грязная (УКИЗВ > 11) [1].

В отчете, составленном по результатам мониторинга, все поверхностные воды исследуемого района характеризуются как «слабо загрязненные» либо «условно чистые». Но известно, что поверхностные воды Республики Коми (за исключением горных районов) характеризуются высоким природным содержанием трудноокисляемых органических веществ, влияющих на показатели ХПК, цветности и мутности. Характерными загрязняющими веществами являются также ионы металлов: меди, цинка, а особенно железа, марганца и алюминия – их концентрации в некоторых случаях составляют многие десятки ПДК. По данным государственного мониторинга, проводимого в бассейнах крупных рек Республики Коми, степень загрязнения поверхностных вод варьируется от класса «весьма загрязнённая» до класса «грязная» [2].

Усинский район Республики Коми не является горной местностью, поэтому у авторов статьи возникли сомнения в правильности проведенных оценок. Был проведен собственный расчет УКИЗВ, основанный на результатах мониторинга, приведенных в отчете. В 2017 году наблюдения проводились один раз, о периодичности и количестве наблюдений в предшествующие годы информации не было. Поскольку в отчете отсутствовали полные данные мониторинга (периодичность и общее количество наблюдений, % превышений от общего числа проб, конкретные значения показателей, измеренные в каждый период), а имелась только сокращенная версия (максимальные и минимальные значения показателей за каждый год), то были рассчитаны два варианта УКИЗВ: УКИЗВ_{min} и УКИЗВ_{max} – соответственно, по всем минимальным и максимальным значениям контролируемых показателей (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение данных из отчета и результатов, полученных авторами

Точка наблюдения	Характеристика загрязненности по данным отчета	Результаты расчета	
		УКИЗВ _{min}	УКИЗВ _{max}
1. Озеро Безымянное	1,9-1,57 – Слабо загрязненная	1,7 – Слабо загрязненная	3,76 – Очень загрязненная
2. Ручей Сынатывис	0,47-0,79 – Условно чистая	1 – Условно чистая	3,21 – Очень загрязненная
3. Ручей Безымянный-1	1,0-1,37 – Слабо загрязненная	1,5 – Слабо загрязненная	3,3 – Очень загрязненная
4. Озеро Сынаты	0,89-0,72 – Условно чистая	1,01 – Слабо загрязненная	2,2 – Загрязненная
5. Ручей Безымянный-2	1,18-1,06 – Слабо загрязненная	1,33 – Слабо загрязненная	3,1 – Очень загрязненная
6. Река Колва	0,62-0,92 – Условно чистая	1,27 – Слабо загрязненная	3,01 – Очень загрязненная
7. Болото Хатаяха-Нюр	0,82-0,86 – Условно чистая	1,02 – Слабо загрязненная	2,67 – Загрязненная

Из приведенных данных видно, что «условно чистыми» и «слабо загрязненными» эти водные объекты будут лишь в том случае, если вычислять УКИЗВ только по минимальным значениям показателей, совсем не принимая в расчет максимальные. И даже тогда в трех случаях из семи степень загрязнения в отчете оказывается заниженной.

Оценка качества воды может проводиться и другим методом – на основании индекса загрязнения воды по гидрохимическим показателям (ИЗВ), рассчитываемого как сумма приведенных к ПДК фактических значений шести основных показателей качества воды:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_i – концентрация i -го показателя, мг/л (в ряде случаев – значение физико-химического параметра);

ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета берутся показатели, имеющие наибольшие значения приведенных концентраций. Качество поверхностных вод, исходя из значения ИЗВ, оценивается по семибалльной шкале: от «очень чистая» (ИЗВ < 0,5) до «чрезвычайно грязная» (ИЗВ > 10) [3].

Проведенный авторами статьи расчет ИЗВ в тех же точках (таблица 2) показал, что полученные этим способом результаты коррелируют с результатами расчета УКИЗВ_{max}, но совершенно не совпадают с оценками, приводимыми в отчете.

Таблица 2. Результаты расчета ИЗВ

Точка наблюдения	Значение ИЗВ		Класс качества	Характеристика воды
	в 2016 г.	в 2017 г.		
1. Озеро Безымянное	5,1	7,3	V/ VI	Грязная/очень грязная
2. Ручей Сынатывис	2,75	3,2	IV	Загрязнённая
3. Ручей Безымянный-1	5,4	6,3	IV/ V	Грязная/очень грязная
4. Озеро Сынаты	4,63	2,9	V/ IV	Грязная/загрязненная
5. Ручей Безымянный-2	7,1	4,6	IV/ VI	Очень грязная/грязная
6. Река Колва	3,4	3,9	IV	Загрязнённая
7. Болото Хатаяха-Нюр	4,67	3,55	V/ IV	Грязная/загрязненная

Кроме того, наблюдения за состоянием поверхностных вод в 2017 году проводились *однократно* (5.09.2017). Однако известно, что состав поверхностных вод подвержен очень сильным сезонным колебаниям, и для получения объективной картины наблюдения нужно проводить не менее четырех-пяти раз в год, в основные фазы водного режима (весеннее половодье, летняя межень, прохождение летнего/осеннего паводка, время перед ледоставом, зимняя межень) [4], а полученные результаты сравнивать с результатами соответствующих наблюдений прошлых лет.

Таким образом, здесь мы имеем пример некорректно выполненной эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды, *не позволяющей*, как написано в отчете, «дать оценку состояния компонентов окружающей среды, проследить ее изменение и выдать рекомендации по принятию недропользователем неотложных природоохранных мероприятий для улучшения экологической обстановки, направлениям и методике ведения мониторинга». Данный случай, а он далеко не единственный [5], показывает, что проблема достоверности данных о состоянии компонентов окружающей среды существует, и ситуация в этой области требует пристального внимания.

Библиографический список:

1. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс] – <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения 10.02.2022).
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2017 году». [Электронный ресурс] – <http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2017.pdf>. [дата обращения 01.03.2022].
3. Гидрохимические методы измерения загрязнения [Электронный ресурс] – <https://monographies.ru/ru/book/section?id=2252> [дата обращения 01.03.2022].
4. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков [Электронный ресурс] – <https://docs.cntd.ru/document/1200012472> [дата обращения 02.03.2022].
5. Проблема эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды в районах добычи углеводородного сырья / Н.Ю. Мачулина, А.В. Лаврентьева, А.Н. Федак // Научные исследования и инновации: сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Саратов: НОО «Цифровая наука». – 2021. – с. 445-451. Текст: непосредственный.

Подходы к рекультивации техногенно-засоленных почв элювиальных и пойменных ландшафтов Западной СибириНосова М.В.^{1,2}, Середина В.П.¹*1 - Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия**2 - Акционерное Общество «Томский научно-исследовательский НИИ нефти и газа»,
г. Томск, Россия*

Добыча нефтяных углеводородов привела к ряду существенных изменений на территории нефтедобывающего комплекса Западной Сибири: деградация почв, отчуждение земель и цикличное загрязнение окружающей среды. Загрязнение высокоминерализованными водами почвенных экосистем в настоящее время является сложной, актуальной проблемой, которая особенно остро распространяется на территориях нефтедобывающего комплекса. При этом вопросы нефтяного загрязнения почв зоны гумидного почвообразования изучены многими авторами [1-4], однако процессы миграции солей в момент аварийных разливов нефти, а также их вторичное (посттехногенное) перераспределение практически не изучены. Поэтому для зон избыточного увлажнения техногенно-засоленные почвы могут служить моделями для прогноза геохимических изменений, связанных с загрязнением нефтью, что определяет особую актуальность и значимость данных исследований. Кроме того, для почв, подвергшихся техногенному галогенезу, отсутствует утвержденная технология рекультивации. Имеются локальные исследования и разработанные подходы могут являться лишь частью системы восстановления таких почв, но не являются комплексным решением проблемы.

Самовосстановительные процессы природных экосистем не справляются с мощным одноразовым техногенным всплеском, тем самым замедляется время реабилитации природной среды от такого рода загрязнений в условиях Западной Сибири и Крайнего Севера (от 20 лет). Длительность процессов самовосстановления объясняется низкой и очень низкой естественной самоочищающей способностью почв территории Западной Сибири.

Поэтому проблема загрязнений высокоминерализованными водами ландшафтов является одной из наиболее ключевых задач, для решения которой требуется разработка комплексного, систематизированного, научно-обоснованного подхода и внедрения новых технологических решений в существующие рекультивационные процессы. Поэтому целью настоящего исследования является – выявление особенностей содержания, химизма и типа распределения легкорастворимых солей (в т.ч. токсичных соединений) в почвах пойменных экосистем в условиях локального загрязнения нефтью и нефтепродуктами (НП), а также научное обоснование разработанного метода рекультивации засоленных почв.

Основным объектом проведения полевых исследований послужили разливы сырой нефти на территории пойменных экосистем. Почвенные пробы отбирались в трех зонах загрязнения: эпицентр, импактная зона, граница нефтяного пятна. За полевые сезоны было заложено шесть полнопрофильных почвенных разрезов и 25 почвенных прикопок (глубина отбора проб 0-10 и 10-20 см). Условным фоном являлись несколько типов аллювиальных почв: аллювиальная луговая обычная грунтово-глеевая тяжелосуглинистая почва, формирующаяся в центральной части поймы, аллювиальная лугово-болотная среднесуглинистая почва, аллювиальная перегнойно-глеевая ненасыщенная малогумусированная среднесуглинистая. Контрольные почвы, подвергшиеся нефтяному загрязнению и засолению минерализованными водами, в соответствии с общепринятой классификацией почв, являются хемоземами. Определение легкорастворимых солей выполнялось методом водной вытяжки.

В качестве фона служила незагрязненная аллювиальная луговая обычная грунтово-глеевая тяжелосуглинистая почва, формирующаяся в центральной части поймы. Нефтезагрязненные почвы определяются как хемоземы нефтезагрязненные по аллювиальной серогумусовой типично-глееватой средне-мелкой почве. Для определения профильных характеристик почв образцы отбирались по основным генетическим горизонтам, для оценки

особенностей латеральной миграции солей – методом конверта в соответствии с ГОСТ 28168-89. Для выявления механизмов миграции поллютантов (НП, легкорастворимых солей) использованы материалы полевых наблюдений по 2 почвенным разрезам (глубиной до 100 см) и 26 прикопкам (глубиной до 50 см). Нефтепродукты в почве определены флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Аналитические исследования содержания и состава легкорастворимых солей выполнены в соответствии с ГОСТ 26423-85. Математическая обработка данных производилась с помощью пакета программ Statistica 6.0.

Каждый аварийный разлив сырой нефти сопровождается поступлением в экосистему высокоминерализованных потоков солей, которые являются основной причиной техногенного засоления почв и образует различные битуминозные разности почв. Результаты статистического анализа указывают на прямую корреляционную связь между содержанием легкорастворимых солей и нефтепродуктов в загрязнённых почвах – коэффициент корреляции (r) составляет 0,87 при $r=0,91$ (на глубине 0–10 см) и 0,83 при $r=0,76$ (на глубине 10–30 см). Сумма солей в солёных горизонтах почв варьирует в широких пределах от 0,29 до 1,2 %, эти колебания связаны с аккумуляцией солей в понижениях микрорельефа местности. Степень засоления варьирует от слабой до средней. Токсичные соли представлены соединениями NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂.

Технология рекультивации подразумевает несколько этапов: подготовительный, технический и биологический.

При выявлении в ходе обследования участков повышенной засоленности загрязнённых нефтью грунтов (свыше 0,2% хлоридов или 0,3% хлоридов и сульфатов при смешанном засолении) планируется комплекс мероприятий по рассолению почв.

Хлориды загрязняют всю толщу почвы, легко мигрируют как в вертикальном расположении так и на сопредельные территории, обладают более сильным токсичным действием, чем нефть.

Для удаления солей из почвы проводят многократную промывку территории участка пресной водой после глубокой вспашки (фрезерования). В природно-климатических условиях Западной Сибири, характеризующихся высоким промывным режимом почвы в весенне-летний период, достаточно бывает отложить фиторекультивацию на один-два года с тем, чтобы за указанный период солевой баланс почвы пришёл в норму, после чего и следует приступать к фиторекультивации. Мероприятия по рассолению почвы оказываются при таком подходе не столь масштабными, что позволяет полнее сосредоточить силы и средства на мероприятиях по очистке земель от нефтяного загрязнения почвы, т.к. несвоевременное проведение комплексных рекультивационных работ в этом случае наоборот, усугубляет экологическую ситуацию на участке, как подвергшемся загрязнению углеводородми, так и на сопредельной с ним территории.

Рассоление почвы методом отмычки солей эффективно при откачке отмывочных вод с рекультивируемого участка в ближайший проточный водоем или транспортировке для последующей закачки в пласты, поскольку вымытые в нижележащие слои почвы соли прочно адсорбируются и извлечение их оттуда представляется проблематичным.

Расчет промывочных норм воды производится по формуле В.Р. Волобуева (Зайдельман Ф.Р., 1996):

$$M=10000aI_gS_1/S_2,$$

где:

M - промывная норма в расчете на глубину промывки 1 м, м³/га;

a - показатель солеотдачи (при хлоридно-сульфатном засолении 2,1);

S_1 - содержание солей в почве до промывки, %;

S_2 - содержание солей в почве после промывки (нормативно допустимое), %.

Таким образом, подготовительный этап рекультивации включают в себя следующие этапы (согласно типовой карте рекультивации нарушенных земель):

- устройство подъездных путей;

- валку леса, раскорчевку пней и транспортировку порубочных остатков;
- авторские мероприятия:
- определение степени засоления участка;
- определение угла уклона местности, вешкование границ будущих дренажных канав;
- обустройство временных дренажных канав.

При высоком уровне засоления почво-грунтов в замкнутых локальных понижениях микрорельефа рассоление почв происходит крайне медленно, так как горизонтальная миграция водорастворимых солей крайне слабая. При этом для замкнутых локальных территорий характерны высокие уровни верховодки и сильная обводнённость почвогрунтов. На данных территориях эффективно применение дренажных систем. Устройство перехватывающих каналов. Суть способа – оконтуривание засоленного участка перехватывающими каналами. При значительной площади участка через него прокладываются дополнительные перехватывающие каналы (участок «разрезается» каналами на сектора). Данный способ может быть успешно применён на переувлажнённых участках с обилием грунтовых вод. С удалением грунтовых вод (их откачкой и вывозом за пределы рекультивируемого участка) будет происходить рассоление за счёт механического удаления воды с растворёнными солями.

Подготовительный и технические этапы предполагают параллельность действий и применение дренажных канав систему канав. Систему временных сточных дренажных канав целесообразно дополнить размещением на участке снежных валов, поскольку климат Западной Сибири характеризуется холодной продолжительной зимой с большим количеством осадков в виде снега. В период весеннего снеготаяния рационально использовать данный ресурс воды для промывки засоленной почвы. Для этого в зимний период года на засоленном участке параллельно временным сточным канавам формируются ряды снежных валов. В весенний период, при таянии запасенного в снежных валах снега, начнется постепенная промывка почвенного профиля талой водой. В теплое время года дождевые осадки и система рассоляющих дренажных канав усиливают горизонтальную миграцию водорастворимых солей в верхних горизонтах почвы и выравнивают их концентрацию в почвенном профиле.

Токсическое действие солей предполагается устранять гипсованием и другими агротехническими приемами.

На этапе биологической рекультивации можно рекомендовать применение аборигенных растений-галофитов, которые будут подтягивать водорастворимые соли к биогенно-аккумулятивным горизонтам почв (в том числе и при вторичном засолении почв), с последующим удалением соленасыщенной растительной фитомассы и циклическим досевом трав.

Разработанный подход к рекультивации техногенно-засоленных почв основан на использовании геохимического потенциала почв и рельефа местности. Однако, учитывая инновационность данного метода, полевые испытания предложенного метода ремедиации техногенно-засоленных почв предусматривают комплексный подход с привлечением специалистов различных отраслей.

Библиографический список:

1. Середина В.П., Андреева Т.А., Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязнённые почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 270 с.
2. Капелькина Л.П. Трансформация тундровых экосистем на нефтепромыслах Севера России // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 1. С. 49–52.
3. Завьялова Н.В., Филимонов И.В., Ковтун В.А., Голипад А.Н., Петров С.В., Стяжкин К.К., Ефременко Е.Н., Холстов В.И., Янковская А.А. Основные технологические операции и стадии биоремедиации почв и очистки вод *in situ* // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 33–40.
4. Aislabie J.M., Balks M.R., Foght J.M., Waterhouse E.J. Hydrocarbon spills on antarctic soils: Effects and Management // *Environmental Science & Technology*. 2004. V. 38. No. 5. P. 1265–1274.

Применение лазерного сканирования при построении цифровой модели

Патраков П.В.

Научный руководитель - Саприн С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире постоянно развиваются технологии, в том числе и процессы проведения съемки для создания цифровой модели местности (ЦММ). В недалеком прошлом, получение данных для цифровой модели местности было возможно с использованием: цифровой фотограмметрической обработки материалов аэросъемки и космической съемки; цифровой обработки материалов наземной автоматизированной топографической съемки; и прочее. Однако, развитие геодезических методов позволяет получать данные при помощи лазерного сканирования, которое предоставляет более целостную цифровую модель местности. Лазерное сканирование является удобным методом, который позволяет автоматизировать многие виды геодезических работ, заменив трудоемкие и опасные измерения роботизированными методами работ.

Цифровые модели местности входят составной частью в информационное обеспечение географических информационных систем, систем автоматизированного создания и ведения кадастров различного назначения, систем навигации и позиционирования. [1]. Цифровая модель местности, построенная при помощи лазерного сканирования представлена облаком точек, которые отображают рельеф, растительность и сооружения находящиеся на территории сканирования (рисунок 1).



Рисунок 1 – Цифровая модель местности

Цифровая модель местности используется для проведения различных видов пространственного анализа, визуализации территории, а также проектирования и автоматизации расчётов. Для создания цифровой модели местности необходим большой объем информации, содержащей данные о месторасположении характерных точек всех объектов, находящихся на территории. Как правило, эта информация включает в себя две характеристики: пространственные координаты (X, Y, Z) и цвет.

Принцип работы лазерного сканера заключается в том, что прибор измеряет расстояние от головки сканера до сканируемого объекта, выпуская пучок лазерных лучей. Лучи отражаются от измеряемой поверхности и возвращаются обратно к сканеру. В этот момент сканер фиксирует положение, расстояние и цвет измеряемой точки, таким образом, создавая, при помощи множества измерений, облако точек.

В настоящее время сбор информации ведется двумя способами с воздуха или с земли. Если это большая по объему наружная съемка, то рациональнее будет использование воздушного сканирования. Для съемки небольших территорий или помещений следует

использовать наземный сканер.

Лазерное сканирование проводят с применением беспилотных летательных аппаратов самолетного или мультироторного типа с полезной нагрузкой, которая включает в себя сканер. Одним из представителей подобных дронов в виде сканера является DJI Matrice 300 RTK с воздушным сканером для БПЛА АГМ-МСЗ.

Наземное лазерное сканирование проводится при помощи: лазерных систем с применением движущейся платформы, наземных лазерных сканеров.

Лазерные системы с применением движущейся платформы имеют следующие характеристики:

- в зависимости от системы можно получить точность измерения 5-15 мм;
- скорость сканирования 2 000 000 изм./сек;
- макс. измеряемое расстояние 420 м.

Измерительный сканирующий блок может быть закреплен на крышу автомобиля (рисунок 2). Технология выполнения съемки в движении с использованием 2D и 3D лазерных сканеров является уникальной в области выполнения измерений для создания картографических материалов, а также мониторинга состояния объектов.



Рисунок 2 – Мобильная лазерная система Riegl VMX-450

Наземные лазерные 3D-сканеры предназначены для измерения объектов сложной геометрии в диапазоне от помещений, фасадов, крупногабаритного оборудования до целых зданий и сооружений гражданского и промышленного строительства, а также открытых площадок, каньонов и других ландшафтов.

Преимущества лазерного сканирования:

- быстрое получение трехмерной визуализации;
- высокая точность измерения (при наземном лазерном сканировании с применением лазерной сканирующей станции можно достигнуть точности 5 мм)
- полнота и точность результатов лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов в процессе проектирования и строительства объекта;
- простой способ привязки к используемой системе координат;
- ускорение процесса съемочных работ.

Собранный при помощи лазерного сканирования массив насчитывает значительное количество точек. Данные обрабатываются в специальном программном комплексе, который, зачастую, является плагином (программным модулем, динамически подключаемым к основной программе и предназначенным для расширения её возможностей). В результате можно

получить точную цифровую модель местности в течение нескольких часов.

Преимуществом плагинов является возможность взаимодействия с крупными системами автоматизации проектных работ (САПР): AutoCAD, Revit, MicroStation, Navisworks, 3DReshaper, PDMS (Plant Design Management System). [2].

Популярность встроенных плагинов обусловлена использованием знакомого интерфейса, что в свою очередь, помогает сократить сроки обучения персонала.

В плагинах часто используются следующие функциональные возможности:

- построение точных 2D-чертежей и 3D-моделей;
- проведение проверки на соответствие требованиям;
- выполнение быстрой трассировки или автоматической доводки 2D линий, полилиний, дуг.

Основные этапы обработки данных полученных с помощью лазерного сканирования:

1. Сшивка сканов. Во время проведения съемки сканирование происходит с разных углов это необходимо для покрытия всей поверхности объекта, поэтому при обработке необходимо «сшить» отдельные области сканирования в единое облако, при помощи нахождения общих точек. Общие точки могут быть как уже существующие, так и специально нанесенные.

2. Трансформирование координат. Для точности чертежа необходимо задать единую систему координат. Начало системы координат для каждого участка сканирования различно, так как начало системы координат находится в центре измерительной головки сканера и при его перемещении меняется и система координат. Поэтому, необходимо выбрать единую систему координат и привести все сканы к этой системе.

3. Создание поверхности. Это один из самых важных и сложных этапов обработки данных. Как правило, создание поверхностей из облака точек происходит при помощи математического аппарата программного обеспечения, при помощи аппроксимации поверхности триангуляционным методом. Если лазерное сканирование сопровождалось фотосъемкой, то при помощи соотношения можно придать поверхности цветное значение, то есть создать текстуру. В результате выполнения обработки пользователь получает полноценную цифровую модель местности (рисунок 3).

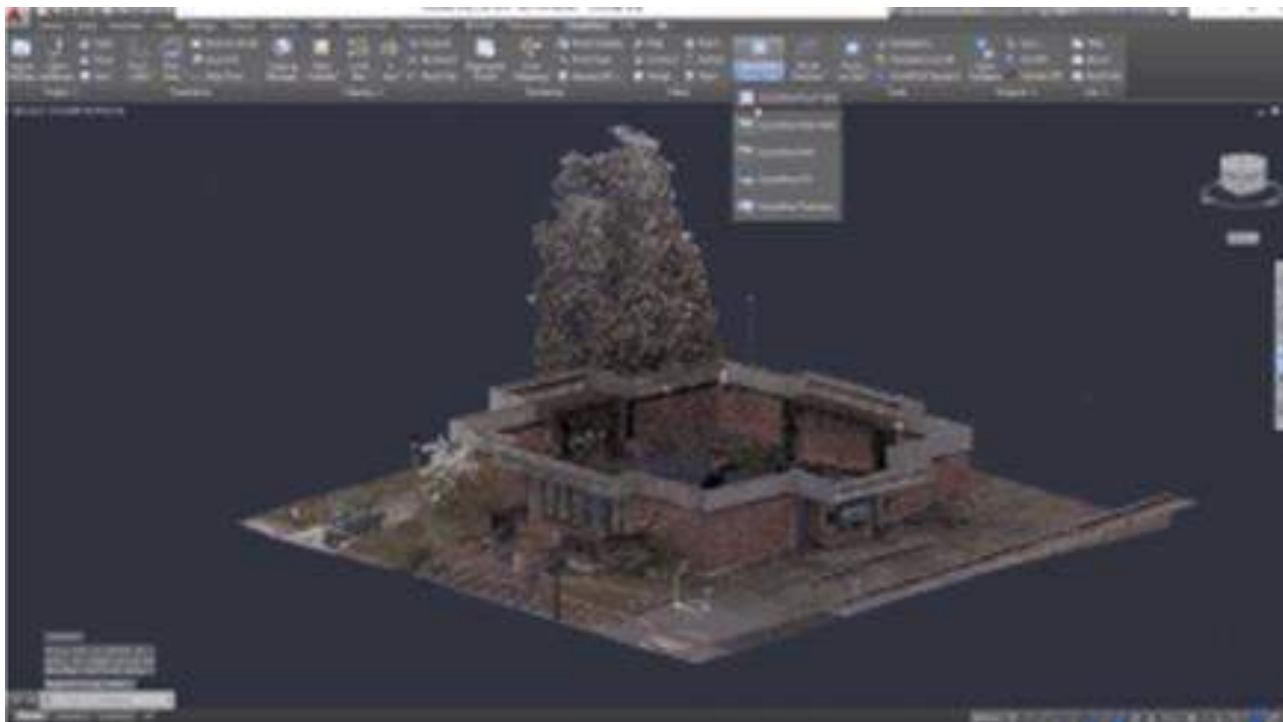


Рисунок 3 – Цифровая модель местности, созданная в плагине для AutoCAD.

В ходе проведенного исследования нами рассмотрено применение лазерного сканирования при построении цифровой модели. Можно сделать вывод что, несмотря на широкое развитие технологии она является малодоступной для основного пользователя. Однако

применение лазерных технологий обладает значительным потенциалом и при проведении аналогий с другими технологиями можно говорить об относительно скором повышении доступности данной технологии.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 52440-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Цифровые модели местности : дата введения 2006-07-01: // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044676> (дата обращения: 25.02.2022).
2. Медведев, В. И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек : САПР и ГИС автомобильных дорог / В. И. Медведев. - 2015. - № 2(5). - С. 119–125.

УДК 574.21

Оценка качества атмосферного воздуха на территории Ухтинского детского парка методом лишеноиндикации

Резниченко В.В.

Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, г. Ухта, Россия.

В настоящее время всё чаще для определения состояния атмосферного воздуха применяют метод биоиндикации. Биоиндикация представляет собой оценку состояния окружающей среды по состоянию ее биотических компонентов [1]. Для оценки качества атмосферного воздуха детского парка города Ухты использовался метод лишеноиндикации. Ситуационная карта-схема участка для исследования представлена на рисунке 1. Метод заключается в оценке качества атмосферного воздуха по состоянию лишайников. Лишайники представляют собой симбиотические ассоциации грибов и микроскопических водорослей: микобионт образует слоевище, внутри которого располагаются клетки фотобионта [2]. Лишайники являются чувствительными к характеру субстрата, на котором они произрастают, а также к концентрациям загрязняющих веществ, поэтому часто используются в качестве индикаторов состояния окружающей среды [3]. В данной работе проводился учет числа видов встреченных лишайников, проективного покрытия лишайника (площадь, занимаемая лишайником на коре деревьев), а также жизненной формы встреченных видов лишайников.

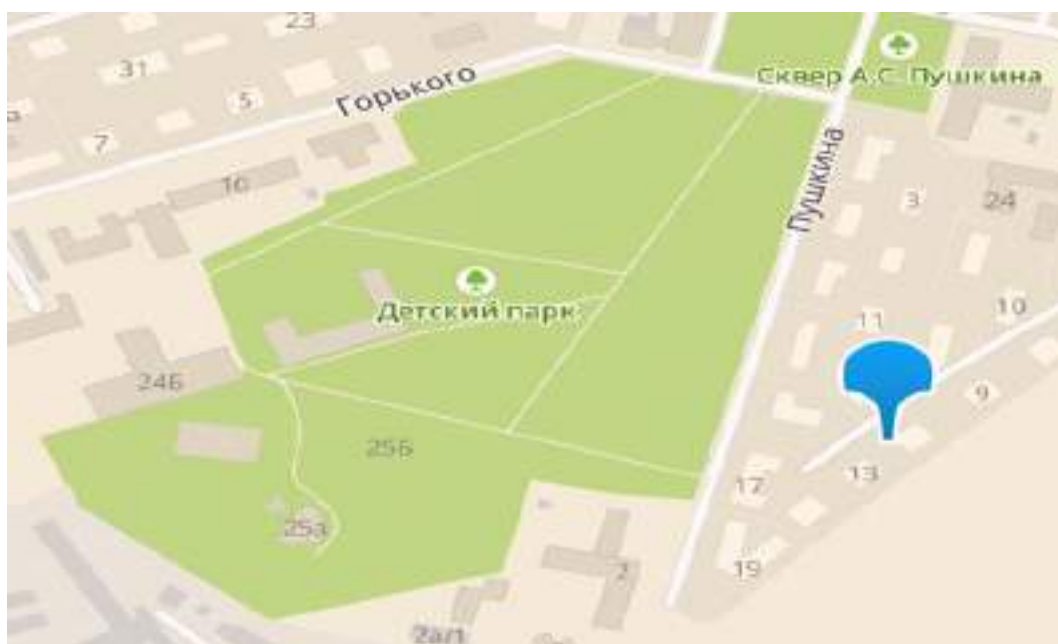


Рисунок 1 - Ситуационная карта – схема расположения детского парка

Для проведения исследования было выбрано 20 деревьев вида *Pinus sylvestris* (Сосна обыкновенная) на территории детского парка, при этом 10 деревьев были расположены по левую сторону центральной аллеи, а другие 10 были расположены по правую сторону центральной аллеи. На каждой стороне дерева на высоте 1,3-1,5 м измерялось проективное покрытие каждого вида лишайника, а также производился учет числа видов лишайников на каждом дереве. К дереву прикладывалась палетка размером 10 * 10 см², разделена на 100 маленьких квадратов величиной 1*1 см² (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Палетка с указанием размеров

Далее по количеству клеток, которые занимает лишайник, измеряют величину проективного покрытия в %. Для перевода величины проективного покрытия в балл встречаемости применяется специальная матрица, где каждому диапазону значений проективного покрытия в % соответствует определенное значение балла встречаемости. Для каждого дерева производился учет встреченных видов лишайников. Отдельно измерялось проективное покрытие, которое в дальнейшем переводилось в значение балла встречаемости [4].

Для данной цели использовалась специальная матрица для определения балла встречаемости (Таблица 1). Результаты измерения представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1 - Матрица для определения баллов встречаемости по величине проективного покрытия в %

Встречаемость	Проективное покрытие		Балл оценки
	оценочно	в процентах (%)	
Очень редко	Очень низкое	< 5	1
Редко	Низкое	6-20	2
Нередко	Среднее	21-40	3
Часто	Высокое	41-60	4
Очень часто	Очень высокое	> 60	5

Таблица 2 - Количество видов лишайников для каждого дерева по жизненным формам

Порядковый номер дерева	Накипные	Листоватые	Кустистые
1 дерево	-	1 вид	-
2 дерево	-	1 вид	-
3 дерево	-	1 вид	1 вид
4 дерево	-	1 вид	-
5 дерево	-	3 вида	-
6 дерево	-	3 вида	1 вид
7 дерево	-	1 вид	1 вид
8 дерево	-	1 вид	2 вида
9 дерево	-	1 вид	2 вида
10 дерево	-	1 вид	1 вид
11 дерево	-	1 вид	-
12 дерево	-	1 вид	1 вид
13 дерево	-	1 вид	-
14 дерево	-	2 вида	-
15 дерево	-	2 вида	1 вид
16 дерево	-	3 вида	-
17 дерево	-	2 вида	-
18 дерево	-	2 вида	-
19 дерево	-	1 вид	-
20 дерево	-	2 вида	-

Как видно из таблицы 2, накипные лишайники отсутствуют на всех деревьях, кустистые были встречены на 8 деревьях, а листоватые встречались на всех деревьях.

Таблица 3 - Средние баллы встречаемости встреченных видов лишайников.

Номер дерева	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Hypomyces physodes</i>	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	<i>Evernia mesomorpha</i>	<i>Usnea hirta</i>	<i>Bryoria fuscescens</i>
1 дерево	2,75 б.	-	-	-	-	-
2 дерево	2,5 б.	-	-	-	-	-
3 дерево	1,5 б.	-	-	-	0,5 б.	-
4 дерево	2 б.	-	-	-	-	-
5 дерево	1,75 б.	0,75 б.	0,5 б.	-	-	-
6 дерево	1,75 б.	0,5 б.	0,5 б.	-	1,25 б.	-
7 дерево	2 б.	-	-	-	0,25 б.	-
8 дерево	2,25 б.	-	-	-	1 б.	0,25 б.
9 дерево	2,25 б.	-	-	0,5 б.	0,5 б.	-
10 дерево	2,75 б.	-	-	-	0,25 б.	-
11 дерево	2 б.	-	-	-	-	-
12 дерево	1,75 б.	-	-	-	0,25 б.	-
13 дерево	-	2 б.	-	-	-	-
14 дерево	1,25 б.	0,75 б.	-	-	-	-
15 дерево	1 б.	-	2 б.	-	0,25 б.	-
16 дерево	0,25 б.	1 б.	0,5 б.	-	-	-
17 дерево	1 б.	1,25 б.	-	-	-	-
18 дерево	2,25 б.	1 б.	-	-	-	-
19 дерево	-	1,75 б.	-	-	-	-
20 дерево	1 б.	-	1,5 б.	-	-	-

Как видно из таблицы 3, по баллу встречаемости преобладающими видами являются *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*. Наиболее редко встречаются *Evernia mesomorpha*, *Usnea hirta*, *Bryoria fuscescens*.

Далее для оценки качества атмосферного воздуха проводился расчет индекса полеотолерантности (IP) [5], в данной формуле (1) учитывается класс полеотолерантности каждого вида лишайника [6]:

$$(1) IP = \frac{AiCi}{Cn},$$

где:

A_i – класс полеотолерантности вида;

C_i – покрытие вида в баллах;

C_n – суммарное покрытие всех видов на дереве

1) $IP = (7*2,75)/2,75 = 7$ – значение индекса полеотолерантности в 1 точке

2) $IP = (7*2,5)/2,5 = 7$ – значение индекса полеотолерантности во 2 точке

3) $IP = (7*1,5)/2 + (6*0,5)/2 = 6,75$ – значение индекса полеотолерантности в 3 точке

4) $IP = (7*2) / 2 = 7$ – значение индекса полеотолерантности в 4 точке

5) $IP = (7*1,75)/3 + (6*0,75)/3 + (3*0,5)/3 = 6,08$ – значение индекса полеотолерантности в 5 точке

6) $IP = (7*1,75)/4 + (6*0,5)/4 + (3*0,5)/4 + (6*1,25)/4 = 6,06$ – значение индекса полеотолерантности в 6 точке

7) $IP = (7*2)/2,25 + (6*0,25)/2,25 = 6,9$ – значение индекса полеотолерантности в 7 точке

8) $IP = (7*2,25)/3,5 + (6*1)/3,5 + (3*0,25)/3,5 = 6,4$ – значение индекса полеотолерантности в 8 точке

9) $IP = (7*2,25)/3,25 + (4*0,5)/3,25 + (6*0,5)/3,25 = 6,35$ – значение индекса полеотолерантности в 9 точке

10) $IP = (7*2,75)/3 + (6*0,25)/3 = 6,92$ – значение индекса полеотолерантности в 10 точке

11) $IP = (7*2)/2 = 7$ – значение индекса полеотолерантности в 11 точке

12) $IP = (7*1,75)/ 2 + (6*0,25)/2 = 6,88$ – значение индекса полеотолерантности в 12 точке

13) $IP = (6*2)/2 = 6$ – значение индекса полеотолерантности в 13 точке

14) $IP = (7*1,25)/2 + (6*0,75)/ 2 = 6,63$ – значение индекса полеотолерантности в 14 точке

15) $IP = (7*1)/ 3,25 + (3*2)/ 3,25 + (6*0,25) / 3,25 = 4,41$ – значение индекса полеотолерантности в 15 точке

16) $IP = (7*0,25) / 1,75 + (6*1)/ 1,75 + (3*0,5) / 1,75 = 5,3$ – значение индекса полеотолерантности в 16 точке

17) $IP = (7*1)/2,25 + (6*1,25)/2,25 = 6,4$ – значение индекса полеотолерантности в 17 точке

18) $IP = (7*2,25)/ 3,25 + (6*1)/3,25 = 6,6$ – значение индекса полеотолерантности в 18 точке

19) $IP = (6*1,75)/1,75 = 6$ – значение индекса полеотолерантности в 19 точке

20) $IP = (7*1)/2,5 + (3*1,5)/2,5 = 4,6$ – значение индекса полеотолерантности в 20 точке

Как видно из рисунка 3, значение индекса полеотолерантности (IP) находится в пределах 4,41 – 7, что соответствует чистой и относительно чистой зонам [7]. Таким образом, в данной работе была проведена оценка качества атмосферного воздуха по состоянию эпифитных видов лишайников. Для максимально точной и полной оценки учитывалась как жизненная форма встреченных видов, так проективное покрытие, так проводился расчет индекса полеотолерантности (IP), позволяет в полной мере оценить качество воздуха в пределах

выбранного участка. Следует отметить, что в пределах территории Ухтинского детского парка встречаются виды *Usnea hirta*, *Bryoria fuscescens* и *Evernia mesomorpha*, данные виды являются очень чувствительными к загрязнению атмосферы, поэтому, как правило, встречаются за чертой городских зон. Это позволяет сделать вывод об относительно благоприятной экологической обстановке на территории данного объекта.



Рисунок 3. Значение индекса фитоотолерантности (*IP*) для каждого дерева.

Библиографический список:.

1. Груздев, В. С. Биоиндикация состояния окружающей среды. – Инфра-М, 2018 – 134 с.
2. Пчелкин, А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды. – Москва: Экосистема, 1997. – 24 с.
3. Бязров, Л. Г. Лишайники индикаторы радиоактивного загрязнения. – Москва, 2005 – 450 с.
4. Исупова, А. А. Лишайники как индикаторы атмосферного воздуха. – Томск: ТПУ, 2017. – 432 с.
5. Марцуль, В. Н. Защита атмосферы от промышленных выбросов: учебно-методическое пособие. – Минск: БГТУ, 2016 – 258 с.
6. Андреев, М. П., Гимельбрант, Д. Е. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. – Спб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014 – 390 с.
7. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – Москва: Академия, 2007, - 280 с.

Снижение углеродного следа и внедрение технологий альтернативного получения углеводов в Республике Коми

Савельев Д.Ю.¹, Борисов Е.Д.²

1 – Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

2 – Индустриальный институт Ухтинского государственного технического университета, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день проблема углеродного следа является одной из актуальнейших проблем XXI века. Согласно исследованиям, к источникам антропогенного загрязнения воздуха относятся транспорт, предприятия черной и цветной металлургии, электростанции, котельные, свалки мусора, предприятия сельского хозяйства и др. С каждым годом производственные мощности ведущих держав идут вверх, и вопрос о контроле за выбросами парниковых газов остается крайне важным.

В 2015 г. по итогам 21-й конференции Рамочной конвенции об изменении климата было принято Парижское соглашение по климату. В рамках соглашения была заявлена следующая цель – не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к XXII веку более чем на 2 °С. Соблюдая договоренности Парижского соглашения по климату, многие государства приняли на себя обязательства перейти к экономике с нетто нулевыми выбросами парниковых газов. Соглашение подписано Российской Федерацией 22 апреля 2016 г.

Через 5 лет, 23 июня 2021 г. вышел Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». В документе выделены следующие ключевые меры по ограничению выбросов парниковых газов:

- государственный учет выбросов парниковых газов;
- установление целевых показателей сокращения выбросов;
- поддержка деятельности по сокращению выбросов газов.

Исходя из данного закона регулируемые организации, хозяйственная и иная деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых эквивалентна 150 и более тыс. т углекислого газа в год, представляют отчеты о выбросах парниковых газов начиная с 1 января 2023 г., а если масса 50 и более тыс. т – начиная с 1 января 2025 г.

Согласно планам по снижению углеродного следа Минэкономразвития предлагает четыре сценария развития климатического регулирования: базовый, интенсивный, инерционный и сценарий без мер господдержки (рисунок 1). Пока министерство планирует в качестве основы взять базовый сценарий с упором на повышение энергоэффективности экономики и сохранение лесного хозяйства. В предложенном сценарии Россия снизит углеродный след к 2050 г. на 36 % (от уровня 1990 г.), до 2 млрд т эквивалента CO₂. При этом накопленное снижение выбросов составит 80-81 млрд т, или около 8 % глобального углеродного бюджета.

И наконец, 6 марта 2022 г. принят Федеральный закон от 06.03.2022 N 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации». Площадкой для испытаний станет остров Сахалин. Целями проведения эксперимента на Сахалине будет являться достижение углеродной нейтральности к концу 2025 г. и поэтапное введение углеродного регулирования в России. Отдельно стоит отметить, что для повышения заинтересованности в проведении экспериментальных исследований законом предусмотрены различные экономические и финансовые механизмы, включая налоговые льготы, субсидии и т. д.

В то же время любые проекты, направленные на сокращение выбросов парниковых газов в России, сталкиваются со сложностями. Так, даже объем поглотительного потенциала лесного хозяйства России в углеродном эквиваленте до настоящего времени официально не определен. Также нет адекватной оценки «углеродной эффективности» лесопользования.

Кроме того, по оценкам многих экспертов, производственный сектор России

характеризуется высокой степенью монополизации, недостаточной прозрачностью и несовершенной структурой управления, недостаточно развитой конкуренцией. Большинство энергетических компаний не заинтересовано в переходе на технологии «без выбросов». Анализ мирового опыта показывает, что только реализация эко-проектов с возможностью получения сырьевых ресурсов являются наиболее перспективными и привлекательными для инвестирования.

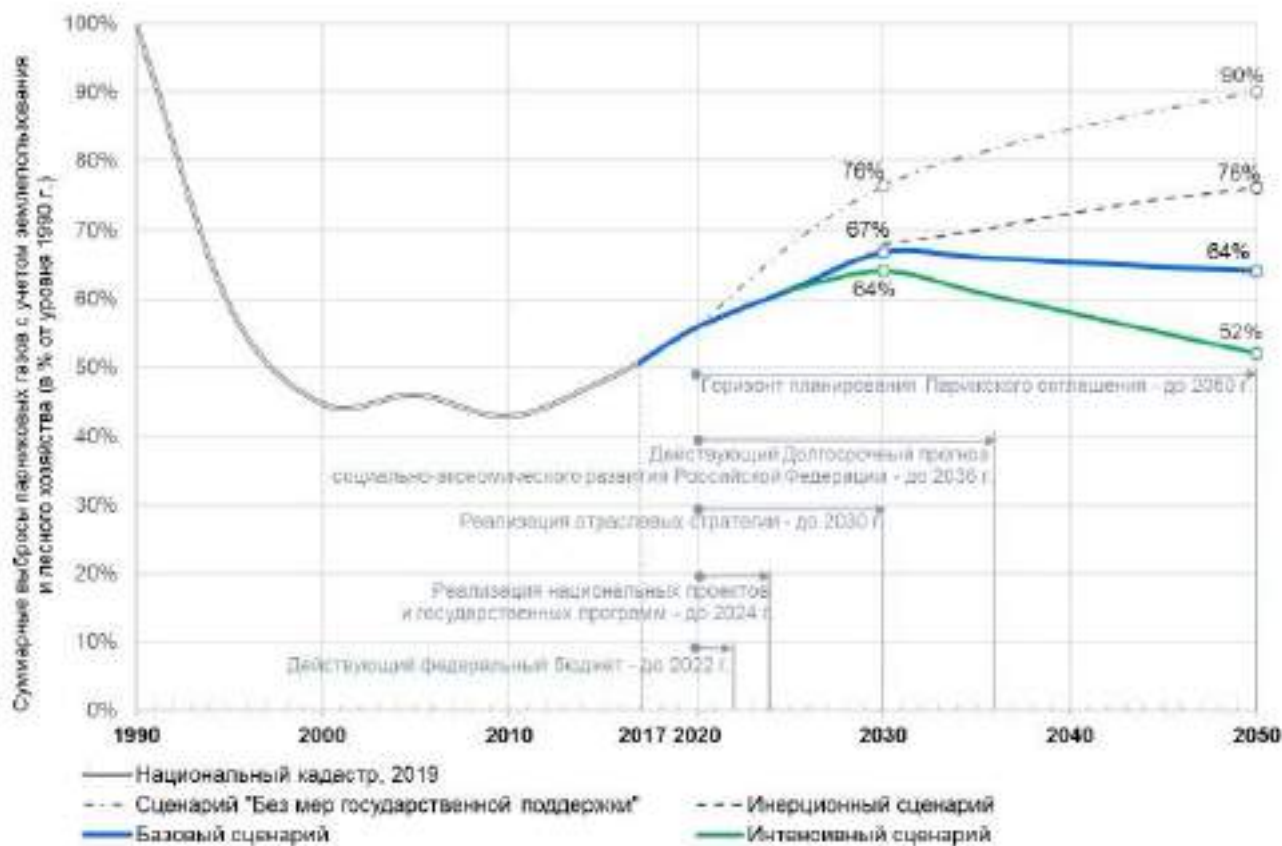


Рисунок 1 – Стратегии снижения выбросов парниковых газов [2]

Для достижения поставленных Россией целей реализации проектов по снижению выбросов парниковых газов и нулевого углеродного следа, необходимо использование целого пула инновационных решений от операционных методов до технологий, которые в данный момент находятся в разработке и не являются экономически рентабельными.

Целью данного исследования являлся поиск современных технологических решений по снижению углеродного следа и получению ценных сырьевых ресурсов на территории Республики Коми.

Снижение углеродного следа в сельскохозяйственном секторе возможно с применением технологии переработки биогаза в биометан (рисунок 2). Данная технология, разработанная чешской компанией МЕГА, основана на принципе мембранной сепарации газов. Их программы подходят как для сельскохозяйственных и коммунальных биогазовых станций, так и для переработки отстойных газов из очистных сооружений.

Полученный после очистки биометан полностью идентичен ископаемому метану и может использоваться при передвижении легковых автомобилей, автобусов, грузовых автомобилей, тракторов, обозначенных БиоКПГ, или же он может быть впрыснут в газовую сетку или сжигаться в газовых котлах.

Преимущества мембранной сепарации биогаза:

- 1) Возможность монтажа мембранной технологии в существующие биогазовые станции в комбинации с когенерационной установкой.
- 2) Не требует дополнительных химических реагентов и не генерирует отходы.

- 3) Восстановление метана 94-99,7 %.
- 4) Минимальные требования по обслуживанию, диагностика удаленно с мониторинг-центра (Remote Access Control).
- 5) Выходной объем окончательной продукции от 12,7 до 500 Нм³/ч.

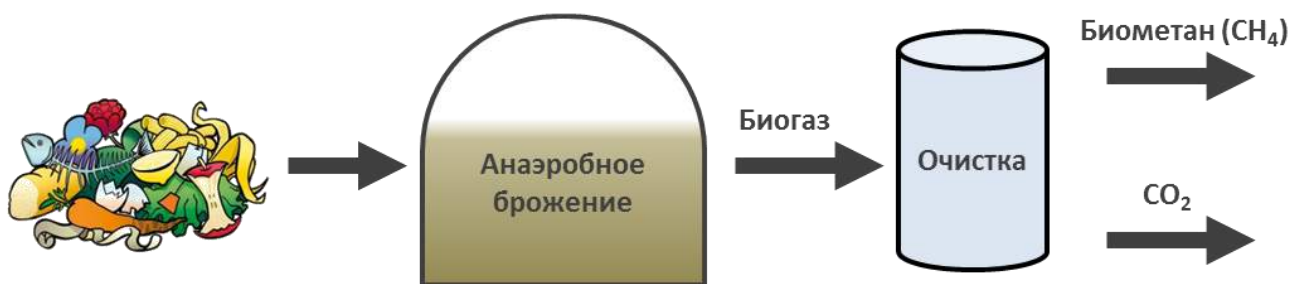


Рисунок 2 – Схема получения биометана

Наиболее крупными сельхозпредприятиями на территории Коми являются Племхоз Ухта-97 и Племхоз Извайский-97. Суммарное поголовье скота составляет около 750 коров, выделяющих ежегодно более 200 тыс м³ метана и углекислого газа. Внедрение технологии компании МЕГА позволит не только снизить выбросы парниковых газов, но и предоставить Республике новые рабочие места и источник экологичного возобновляемого топлива.

Также существует возможность для снижения углеродного следа в нефтедобывающей отрасли Коми. Технологии улавливания и захоронения CO₂ уже довольно известны, однако предлагаемый кальциево-карбонатный цикл в сравнении с ферментными агентами и аминовой абсорбцией имеет ряд преимуществ – самой низкой удельной стоимостью (800 руб./т CO₂) и сокращением энергопотерь до 6-8 % (рисунок 3). Полученный диоксид углерода предлагается закачивать в продуктивный пласт по технологии FAWAG. Закачка оторочек воды, пенообразующего ПАВ ОД-24 и углекислого газа в нагнетательные скважины обеспечит устойчивый профиль вытеснения и повысит охват пласта. Высокую эффективность покажет сочетание с газоциклической технологией Huff-n-Puff. Закачка композиции Дельта АСПГО защитит оборудование добывающей скважины от коррозии и послужит жидкостью задавки CO₂ в сверхкритическом состоянии в пласт. Это снизит межфазное натяжение и увеличит подвижность флюида в призабойной зоне (рисунок 4).

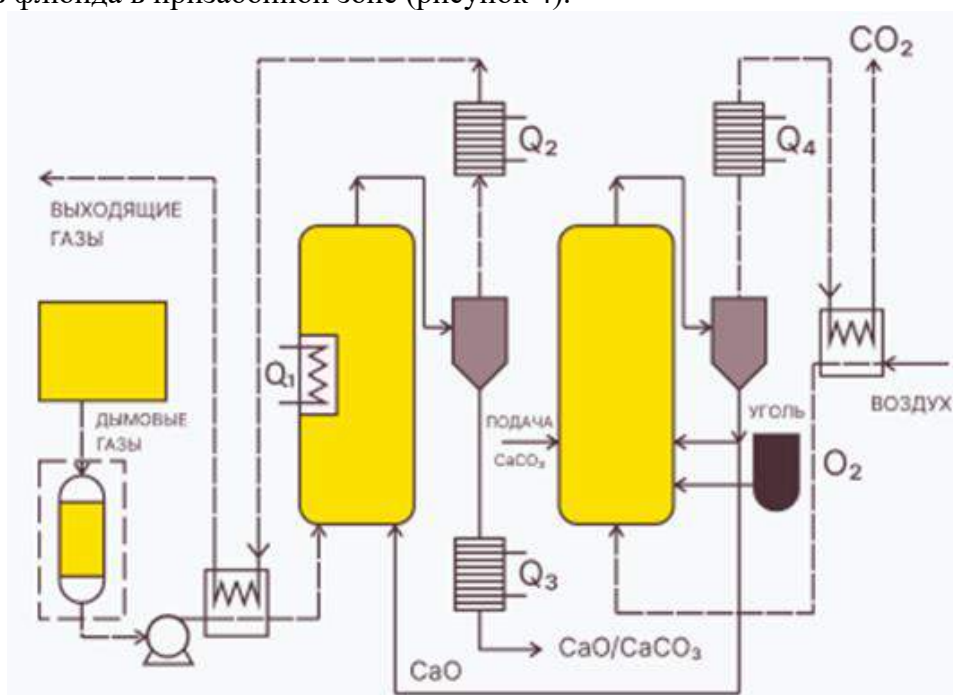


Рисунок 3 – Схема установки кальциево-карбонатного цикла

Объектом для испытаний предложенного решения может стать Усинское нефтяное месторождение. Пермо-карбонатная залежь данного месторождения характеризуется чрезвычайно сложным строением нефтенасыщенного коллектора, высокой вязкостью нефти, наличием трещин и высокопроницаемых суперколлекторов. Источником необходимых объемов углекислого газа может стать Усинский энергоцентр. Закачка диоксида углерода по предложенной выше схеме позволит снизить вязкость нефти, увеличить нефть в объеме и снизить поверхностное натяжение на границе «пластовая нефть – CO₂». Анализ опыта разработки похожих объектов с применением закачки CO₂ показывает, что прирост коэффициента нефтеотдачи может составить до 10 %, прирост дебита – до 4 т/сут. В будущем, после завершения разработки, залежи Усинского месторождения возможно использовать в качестве резервуаров для захоронения парниковых газов.



Рисунок 4 – Схема реализации закачки углекислого газа в продуктивный пласт

Снижение углеродного следа в газоперерабатывающем секторе возможно путем повышения заинтересованности компаний к переработке попутного нефтяного газа, который в течение большого периода развития нефтедобычи просто сжигался на факелах. К примеру, технология синтез-газа, по мнению авторов, это инновационная технология переработки природного газа (в том числе попутного), позволяющая значительно снизить загрязнение и выбросы в окружающую среду. Синтез-газ (смесь водорода и монооксида углерода) является важным промежуточным сырьем для производства многих продуктов химической промышленности. Существует несколько методов получения синтез-газа: паровая каталитическая конверсия, парциальное окисление и CO₂-конверсия природного газа. Также существует технология альтернативного получения синтез-газа в реакторах на основе керамических мембран со смешанной кислородной и электронной проводимостью. Это позволяет совместить выделение кислорода из воздуха и окисление метана в единый процесс. На рисунке 5 показаны способ альтернативного получения синтез-газа. Производительность единицы объема таких аппаратов в десятки раз превышает производительность распространенных промышленных аналогов. Высокая производительность позволит уменьшить капитальные вложения, простота технологии позволит сократить эксплуатационные и ремонтные (демонтажные) работы и расходы, кроме того, технология обладает повышенной безопасностью, что уменьшает риски взрывов и т. д.

Очевидным кандидатом, подходящим под критерии для внедрения предложенного решения, является Сосногорский газоперерабатывающий завод (СПЗ). Направление деятельности завода – переработка газа и нефтегазоконденсатной смеси, а также хранение, подготовка товарных партий и отгрузка готовой продукции потребителям. Всего завод производит порядка 8 видов продукции, включая такие как конденсат газовый стабильный, пропан технический и метанол-регенарат. Планы развития СПЗ напрямую связаны с развитием сырьевой базы ПАО «Газпром» на территории Коми, как за счет добычи на уже

используемых месторождениях, так и на планируемых к дальнейшей разработке. В сентябре 2017 г. дочерним обществом «Газпром», основным поставщиком сырья для Сосногорского ГПЗ, получена лицензия, которая позволит предприятию вести разведку и добычу углеводородов на Печорогородском газоконденсатном месторождении. Это приведет к повышению добычи газа и газового конденсата, а, следовательно, и к поддержанию темпов переработки на прежнем уровне. Также продолжается дальнейшая реализация совместного проекта ПАО «Газпром» и ПАО «ЛУКОЙЛ» по переработке попутного нефтяного газа с северной группы месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» на СГПЗ. Прорабатываются варианты увеличения объемов переработки попутного нефтяного газа. Таким образом, уже в ближайшем будущем у завода могут появиться дополнительные объемы сырья, которые можно использовать в том числе для переработки в синтез-газ.

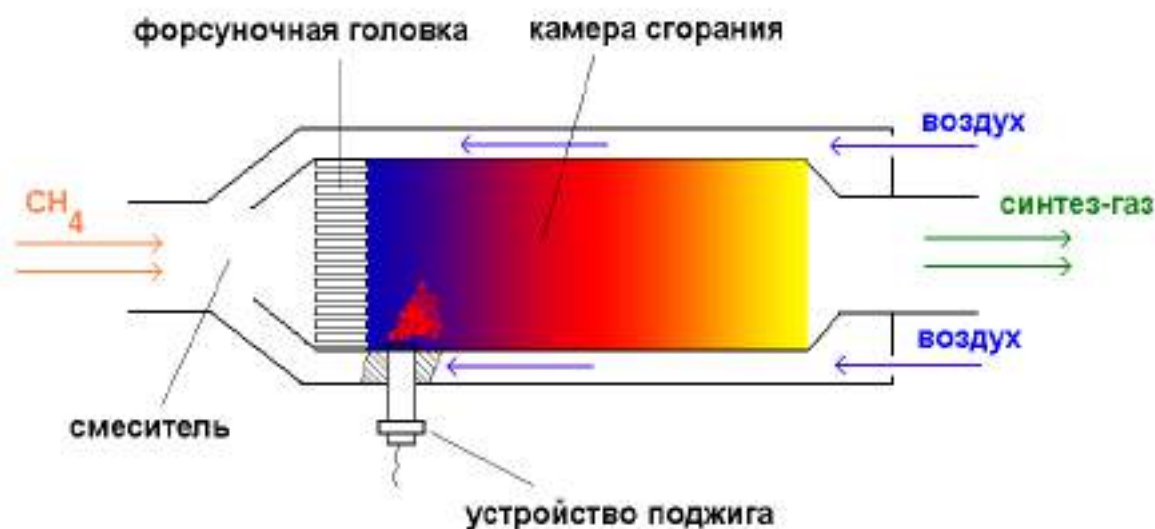


Рисунок 5 – Схема альтернативного получения синтез-газа

Далее авторами проведен технико-экономический анализ предложенных решений. Так, при стоимости модульной установки генерации биометана в 50 млн руб. и максимальной производительности установки в 4,38 млн $\text{Нм}^3/\text{год}$ выручка от продажи будет равна 4,15 млн руб./год, а срок окупаемости составит 12 лет.

Анализ технологии синтез-газа показал, что получение из 1000 м^3 синтез-газа 350-450 кг синтетических жидких продуктов означает, что КПД переработки синтез-газа порядка 65 %. Из синтез-газа дополнительно может быть организована годовая выработка около 250 млн кВт/ч электроэнергии при переработке 1 млн м^3 природного газа в год. Генерируемый синтез-газ почти в 10 раз дешевле установленных тарифов.

Заключение

Таким образом, для достижения поставленных Россией целей по снижению выбросов парниковых газов и нулевого углеродного следа, необходимы разработка и внедрение в производство самых современных технологических решений. По мнению авторов, большинство отечественных представителей производства станут заинтересованы в выполнении установленных государством планов только при реализации эко-проектов с возможностью получения сырьевых ресурсов как наиболее перспективных и привлекательных для инвестирования.

Библиографический список:

1. Об ограничении выбросов парниковых газов [Текст] : федеральный закон от 2 июля 2021 № 296-ФЗ : принят Гос. Думой 1 июня 2021 г. : одобрен Советом Федерации 23 июня 2021 г. // Российская газета. – 2021. – 7 июля, № 147.

2. О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации [Текст] : федеральный закон от 6 марта 2022 № 34-ФЗ : принят Гос. Думой 16 февраля 2022 г. : одобрен Советом Федерации 2 марта 2022 г. // Российская газета. – 2022. – 11 марта, № 52.
3. Калинин, С. А. Разработка месторождений высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах с использованием диоксида углерода. Анализ мирового опыта [Текст] / С. А. Калинин, О. А. Морозюк // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2019. – № 4. – С. 373–387.

УДК 658.567.1

Современные способы переработки отходов обогащения железной руды

Семенова А.И., Матвеева В.А.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

В настоящее время отходы обогащения железной руды представляют собой серьезную экологическую проблему. Большие объемы хвостохранилищ не только занимают большую площадь, но и содержат потенциально опасные загрязняющие вещества. В настоящее время изучено множество возможных методов переработки отходов обогащения железной руды, существенное количество из которых демонстрирует большой потенциал для повторного использования. В настоящем исследовании были всесторонне рассмотрены основные направления повторного использования отходов обогащения железной руды.

В Российской Федерации, как известно, превалирует экспортно-сырьевая направленность производства, которая характеризуется большим объемом производства материально-сырьевых ресурсов. Согласно государственному докладу «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году», Россия занимает пятое место в мире по выпуску железорудной продукции, доля в мировом производстве которой составляет 4,2 процента [1]. Вследствие этого наблюдается высокий уровень образования отходов с возрастающей тенденцией их накопления, что ведет к возникновению ряда экологических проблем.

Компоненты, входящие в состав отходов обогащения железной руды, могут быть использованы в различных областях промышленности: существует возможность доизвлечения железа с целью их дальнейшего использования [2 – 5], использование отходов при производстве бетона [8 – 10], цемента [11 – 13], кирпичей [14,15], внедрение отходов в производство керамических материалов [16 – 18], использование отходов в дорожном строительстве [19 – 21], закладочного материала [22,23], при производстве веществ, используемых в очистке (к примеру сточных вод) [24 – 28] и тд.

Возможность максимального извлечения железа для последующего использования из отходов обогащения железной руды перед их внедрением в строительные материалы представляется наиболее экономически выгодным решением.

Так, например, авторами был продемонстрирован метод, называемый «технология предварительного концентрирования с последующим прямым восстановлением и магнитной сепарацией», который был разработан для полного использования отходов обогащения железной руды [2]. Также была описана технология, позволяющая успешно получать из насыщенного раствора выщелачивания хвостов железной руды наночастицы магнетита простым методом восстановительного осаждения [3]. Результаты других исследований показывают, что можно извлечь более 60 % Fe из природных хвостов железной руды методом селективной флокуляции [4].

Пилотный эксперимент по извлечению железа из хвостов железной руды с использованием технологии предварительного концентрирования и обжига с намагничиванием суспензии с последующей магнитной сепарацией и флотацией позволил получить концентрат

железа, содержащий 58,67 % Fe, [5]. Таким образом, отличные показатели разделения во время пилотного эксперимента продемонстрировали, что используемый метод полностью надежен как с точки зрения оборудования, так и технологии.

Большим потенциалом применения отходов обогащения железной руды обладает строительная промышленность. Основными направлениями использования хвостов железной руды являются производство цементирующих материалов, кирпича, а также бетона [6]. Анализ возможных путей утилизации хвостов, основанный на экономических показателях, показывает, что промышленный симбиоз с использованием отходов обогащения в качестве сырья в дорожно-строительной, керамической, цементной и бетонной промышленности открывает для предприятий большие возможности [7].

Так, например, одним из возможных вариантов использования отходов обогащения железной руды является изготовление мелкозернистых бетонов с использованием в качестве заполнителя смеси кварцевого песка и продукта измельчения горных пород, которые содержат железо [8]. Рассмотрены возможности утилизации отходов сухой магнитной сепарации в бетонах за счет того, что шероховатость поверхности зерен увеличивает прочность сцепления заполнителей и вяжущего вещества и способствует более прочному монолитизированию [9]. Увеличение использования отходов обогащения железной руды возможно за счет использования их при производстве низкопрочных бетонов [10].

Результаты многочисленных исследований показывают, что использование хвостов железной руды для замены глины позволяет получать цемент требуемого качества. Так, отходы обогащения железной руды могут быть использованы в форме порошка для частичной замены при производстве цемента уникального класса, в котором находятся высокоэффективные армированные волокна, обладающие высокой пластичностью при растяжении [11]. Другими авторами в работе [12] была продемонстрирована целесообразность применения известковых хвостов железной руды при производстве цементного клинкера [12]. Отходы обогащения железной руды могут быть также включены в состав цементной плитки [13].

Разумным способом борьбы с большим количеством хвостов железной руды и порошка угольных пород может быть изготовление печных кирпичей, в состав которых входит сланец, осадок сточных вод, порошки пустой породы и хвосты железной руды [14]. Описано получение экологически чистого кирпича с использованием мелкозернистых хвостов железной руды с низким содержанием кремния и системы отвердителей без цемента в качестве основного сырья, а также ускорителя отверждения триэтанолamina и гидроизоляционного агента эмульсии стеариновой кислоты в качестве второстепенных компонентов [15].

Возможно использование хвостов обогащения железной руды в производстве керамических изделий. Установлена и описана возможность получения керамических стеновых материалов с использованием отходов обогащения железных руд, что способствует снижению температуры обжига, и соответственно, экономии энергозатрат за счет того, что получаемые продукты не нуждаются в высокотемпературной обработке, кроме того, техногенное сырье не требует дополнительного измельчения [16]. Разработана технология производства керамических изделий матричной структуры, представляющая собой систему из ядер недоспеченного материала и плотноспеченную оболочку, которая позволяет на основе малопластичного неспекающегося природного и техногенного сырья обеспечить высокие прочностные и эксплуатационные характеристики стеновой керамики [17]. Возможно также использование отходов переработки железных руд в производстве керамического кирпича пластического формования. Доказано, что данный способ вторичного использования отходов является целесообразным за счет известной роли оксидов железа, обеспечивающих течение процесса спекания керамических материалов с участием жидкой фазы при существенно низких температурах обжига [18].

Использование отходов обогащения железной руды в строительной отрасли возможно в качестве заполнителя в холодные асфальтовые смеси [19]. Обладает многообещающим потенциалом использование отходов обогащения железной руды в качестве альтернативы

известковому наполнителю в асфальтовой мастике [20]. Хвосты железной руды могут использоваться при производстве бетонных смесей для тротуаров [21].

С позиций внедрения наилучших доступных технологий одним из перспективных способов обращения с отходами в горнодобывающей промышленности является закладка выработанного пространства подземных горных выработок [22]. Отходы обогащения железной руды могут быть использованы в качестве компонента композиционных вяжущих закладочных массивов на горно-обогательном комбинате [23].

Интересным и перспективным направлением использования отходов обогащения железной руды является использование их при производстве реагентов для химической промышленности.

Проводилась работа, направленная на получение коагулянта (хлорида железа) из хвостов железной руды. Эксперимент по очистке воды доказал эффективность данного реагента [24]. Отходы обогащения могут быть использованы в качестве адсорбента для удаления свинца и ртути [25]. Также проведена работа по определению возможности использования хвостов железной руды в пористом геополимере для расширения применения пористого геополимера для удаления тяжелых металлов [26]. Успешный синтез мезопористых материалов с использованием хвостов железной руды в качестве недорогого сырья также демонстрирует новый способ утилизации данного типа отходов для применения в областях катализа, адсорбции и разделения [27]. Еще одним вариантом использования отходов обогащения железной руды является получение цеолита, материала, который можно применить в областях, таких как адсорбция и разделение газов, ионный обмен, очистка сточных вод и катализ [28].

Чтобы свести к минимуму экологические, социальные и экономические последствия, вызванные горнодобывающей деятельностью, также предлагается использовать хвосты железной руды в качестве пигмента при производстве краски [29]. Существует возможность использования хвостов обогащения железной руды при производстве кремниевых удобрений с медленным высвобождением [30]. Применение шламов обогащения железорудного сырья в литейном производстве является наиболее эффективным и недорогим методом производства формовочных изделий [31]. Проведены исследования синтеза грунтового композита из хвостов обогащения железистых кварцитов курской магнитной аномалии. Полученный композит может быть использован в качестве противofильтрационных элементов, адсорбентов, теплоизоляции и для многих других целей [32].

Одним из возможных вариантов использования отходов обогащения железной руды является использование их в утилизации отходов углеобогащения. Суть технологии заключается в том, что при наличии наряду с отходами углеобогащения пылевидных железосодержащих отходов таких, как, например, пыль газоочисток, хвосты обогащения железной руды, эффективность безотходной технологии газификации пылевидных отходов углеобогащения может быть повышена [33].

В данной работе рассмотрены имеющиеся на данный момент научные разработки в области утилизации и переработки отходов обогащения железной руды. Обобщив изученные данные, можно сделать вывод о том, что на данный момент ведется большое количество исследований по этой теме, найдены возможные способы решения данной проблемы, внедрение в производство которых решит задачи по обеспечению государственной политики в сфере развития и использования минерально-сырьевых ресурсов для экологически-безопасного и сбалансированного обеспечения потребностей базовых отраслей отечественной промышленности, а также создание комфортной среды обитания человека.

Для создания необходимых условий для внедрения технологий переработки Правительством Российской Федерации была выпущена «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», в которой предприятия черной металлургии входят в перечень основных видов промышленных объектов, образующих отходы и использующих в производстве обработанное вторичное сырье из отходов, на базе которых планируется создание обновленной системы,

ориентированной на вовлечение промышленных отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительного сырья [34]. Однако, на данный момент в Российской Федерации вторичная переработка отходов обогащения железной руды не нашла массового применения в промышленных масштабах.

Библиографический список:

1. Аксенов С. А. и др. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской в 2019 году: Государственный доклад. – 2020.
2. Tang C. et al. Recovering iron from iron ore tailings and preparing concrete composite admixtures //Minerals. – 2019. – Т. 9. – №. 4. – С. 232.
3. Darezereshki E. et al. Synthesis of magnetite nanoparticles from iron ore tailings using a novel reduction-precipitation method //Journal of Alloys and Compounds. – 2018. – Т. 749. – С. 336-343.
4. Panda L. et al. Recovery of ultra-fine iron ore from iron ore tailings //Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2018. – Т. 71. – №. 2. – С. 463-468.
5. Sun Y. et al. A new approach for recovering iron from iron ore tailings using suspension magnetization roasting: A pilot-scale study //Powder Technology. – 2020. – Т. 361. – С. 571-580.
6. Zhang N., Tang B., Liu X. Cementitious activity of iron ore tailing and its utilization in cementitious materials, bricks and concrete //Construction and Building Materials. – 2021. – Т. 288. – С. 123022.
7. Vilaça A. S. I. et al. Waste valorization of iron ore tailings in Brazil: Assessment metrics from a circular economy perspective //Resources Policy. – 2022. – Т. 75. – С. 102477.
8. Шишкин А., Шишкина А., Домничев А. Бетоны на смешанном заполнителе и структурированной воде //Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2020. – №. 51-1.
9. ТАЖИБАЕВА Д. М. Утилизация хвостов обогащения железных руд в производстве строительных материалов //Труды университета. – 2021. – №. 1. – С. 66-69.
10. Шишкин А., Нетеса Н. И., Нетеса А. Н. Определение рациональных составов бетонов низкой прочности. – 2019.
11. Huang X., Ranade R., Li V. C. Feasibility study of developing green ECC using iron ore tailings powder as cement replacement //Journal of Materials in Civil Engineering. – 2013. – Т. 25. – №. 7. – С. 923-931.
12. Wang Q. et al. Application of calcareous iron ore tailings in the production of cement //Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2020. – С. 1-10.
13. Fontes W. C. et al. Iron ore tailings in the production of cement tiles: a value analysis on building sustainability //Ambiente Construído. – 2018. – Т. 18. – С. 395-412.
14. Luo L. et al. Preparation, characteristics and mechanisms of the composite sintered bricks produced from shale, sewage sludge, coal gangue powder and iron ore tailings //Construction and building materials. – 2020. – Т. 232. – С. 117250.
15. Li X. et al. Mechanical properties of sintered ceramsite from iron ore tailings affected by two-region structure //Construction and Building Materials. – 2020. – Т. 240. – С. 117919.
16. Жижина З. С. и др. Энергоэффективная стеновая керамика с использованием отходов обогащения железных руд //Наука и инновационные технологии. – 2018. – №. 8. – С. 157-161.
17. Столбоушкин А. Ю. и др. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья //Строительные материалы. – 2016. – №. 8.
18. Никифорова Э. М. и др. Утилизация отходов переработки железных руд в производстве керамического кирпича пластического формования. – 2016.
19. Arazza F. R. A. et al. Evaluation of the performance of iron ore waste as potential recycled aggregate for micro-surfacing type cold asphalt mixtures //Construction and Building Materials. – 2021. – Т. 266. – С. 121020.
20. Wei Z. et al. Utilization of iron ore tailing as an alternative mineral filler in asphalt mastic: High-temperature performance and environmental aspects //Journal of Cleaner Production. –

2021. – С. 130318.

21. Panditharadhya B. J., Ravi Shankar A. U. A Study on utilization of iron ore tailings as partial replacement for fine aggregates in the construction of rigid pavements //National Conference on Roads and Transport (NCORT-2017). – 2017.

22. Рыбникова Л. С., Рыбников П. А. Геоэкологические проблемы отходов горного производства в старопромышленных районах Среднего Урала //СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ. – 2018. – С. 91-96.

23. Щекина А. Ю., Шин Е. Р. ЭФФЕКТИВНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ //Наука и инновации в строительстве. – 2020. – С. 404-407.

24. Almeida V. O., Schneider I. A. H. Production of a ferric chloride coagulant by leaching an iron ore tailing //Minerals Engineering. – 2020. – Т. 156. – С. 106511.

25. Sarkar S., Sarkar S., Biswas P. Effective utilization of iron ore slime, a mining waste as adsorbent for removal of Pb (II) and Hg (II) //Journal of environmental chemical engineering. – 2017. – Т. 5. – №. 1. – С. 38-44.

26. Duan P. et al. Development of fly ash and iron ore tailing based porous geopolymer for removal of Cu (II) from wastewater //Ceramics International. – 2016. – Т. 42. – №. 12. – С. 13507-13518.

27. Han X. et al. Facile synthesis of mesoporous silica derived from iron ore tailings for efficient adsorption of methylene blue //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2021. – Т. 617. – С. 126391.

28. Zhang C., Li S. Utilization of iron ore tailing for the synthesis of zeolite A by hydrothermal method //Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2018. – Т. 20. – №. 3. – С. 1605-1614.

29. Zhao J. et al. Study on mechanical properties of macro-synthetic fiber-reinforced iron ore tailings concrete //Structural Concrete. – 2021.

30. Hu P. et al. Preparation and effectiveness of slow-release silicon fertilizer by sintering with iron ore tailings //Environmental Progress & Sustainable Energy. – 2018. – Т. 37. – №. 3. – С. 1011-1019.

31. Алматылы Н. Е., Альжанов М. К. Исследование возможности получения формовочных изделий на основе шламов обогащения железорудного сырья //Наука и техника Казахстана. – 2020. – №. 1.

32. Болтенкова О. Е. Синтез грунтового композита из отходов обогащения железистых кварцитов региона КМА //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2016. – №. 7.

33. Цымбал В.П., Протопопов Е.В., Рыбенко И.А., Оленников А.А., Кожемяченко В.И., Сеченов П.А. Экологически замкнутая энергометаллургическая технология переработки пылевидных железорудных и угольных отходов обогащения // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 4. С. 507–513.

34. «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» Распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. № 84-р. [Электронный ресурс]. - 2018 - URL: <https://docs.cntd.ru/document/556353696> (дата обращения 21.11.2021).

УДК 628.4(470.13)

Характеристика Территориальной схемы обращения с отходами в Республике Коми

Уткин Р.О., Попова Ю.Е.

Научный руководитель – Быкова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время Республика Коми, как и вся Российская Федерация, продолжает работу над проблемным вопросом по обращению с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО). С каждым годом вопрос отходов встает все острее и поднимается все чаще. Ежегодно в законодательство в области обращения с отходами производства и потребления вносятся

изменения, предлагаются разные технологии и методы регулирования обращения с отходами как твердыми коммунальными отходами, так и с отходами производства и потребления.

Основным документом, являющимся основой государственной политики РФ в области охраны окружающей среды, является Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (далее – Стратегия), утверждённая Указом Президента Российской Федерации от 19.04.2017 №176 [1].

Стратегия ставит главной целью сохранение и восстановление природной среды, обеспечение качества окружающей среды, необходимого для благоприятной жизни человека и устойчивого развития экономики, ликвидацию накопленного вреда окружающей среде вследствие хозяйственной и иной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата. Таким образом, экологическая безопасность Российской Федерации является важным звеном национальной безопасности страны.

В рамках работы по модернизации системы обращения с твердыми коммунальными отходами и отходами производства и потребления как на уровне всей страны, так и на республиканском уровне 11 декабря 2020 года Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РК был подписан приказ «Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами в Республике Коми» [2].

Изменения в законодательстве в области обращения с отходами призваны обеспечить построение новой, с точки зрения экономики и экологии эффективной комплексной системы обращения с отходами производства и потребления.

Под территориальной схемой понимается нормативный правовой акт в области обращения с отходами на территории Республики Коми, определяющий систему организации и осуществления обращения с отходами, в том числе:

- источники и количество образующихся отходов;
- схему потоков отходов;
- сведения о количестве отходов, направляемых на конкретные объекты по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов;
- направления развития системы организации и осуществления деятельности в области обращения с отходами, развития логистического и транспортного сегмента системы обращения с отходами;
- перечень планируемых к реализации мероприятий по строительству, модернизации и реконструкции объектов обращения с отходами, выводу таких объектов из эксплуатации;
- технические обоснования основных мероприятий по реализации территориальной схемы обращения с отходами и другие показатели.

Однако, на основании получения профессиональных знаний, практического опыта на предприятии, занимающегося обращением с отходами на территории Республики Коми и информации из СМИ, встает вопрос о проблемности полной и качественной реализации Территориальной схемы.

В связи с этим в данной статье будут рассмотрены факторы, влияющие на реализацию Территориальной схемы по обращению с отходами в Республике Коми.

Основными нормативно-правовыми актами, на которых базируется Территориальная схема, являются:

- Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»;
- Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
- Федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
- Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

Республика Коми – довольно большой в территориальном смысле субъект, который включает в себя 14 муниципальных районов: Ижемский, Княжпогостский, Койгородский, Корткеросский, Печорский, Прилузский, Сосногорск, Сыктывдинский, Сысольский, Троицко-Печорский, Удорский, Усть-Вымский, Усть-Куломский, Усть-Цилемский; 6 городских округов: Сыктывкар, Воркута, Вуктыл, Инта, Усинск, Ухта, общей площадью 416774 км².

По данным 2-ТП (Отходы) в Республике Коми в 2019 году было образовано 306 389 тонн твердых коммунальных отходов в год, среди которых около 212 826 тонн отходов IV класса опасности, 93 563 тонн V класса опасности. Количество образования отходов от основных групп источников образования ТКО представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество образования ТКО от основных групп источников образования отходов (жилой и нежилой сектор)

Административный округ Республики Коми	Кол-во образования ТКО от основных групп источников образования отходов		
	Жилой сектор, т/год	Нежилой сектор, т/год	Всего, т/год
Всего по муниципальным образованиям	218 289	88 100	306 389
ГО Сыктывкар	44 625	22 447	67 072
ГО Воркута	26 875	10 045	36 920
ГО Инта	14 316	3 480	17 796
ГО Усинск	17 724	8 208	25 932
ГО Ухта	25 363	10 392	35 755
Вуктыл	5 600	1 799	7 399
Ижемский МР	4 860	2 111	6 971
Княжпогостский МР	6 376	2 135	8 511
Койгородский МР	2 329	708	3 037
Корткеросский МР	4 511	792	5 303
МР Печора	17 109	7 660	24 769
Прилузский МР	3 973	1 862	5 835
МР Сосногорск	9 515	3 617	13 132
Сыктывдинский МР	5 395	1 882	7 277
Сысольский МР	3 462	1 412	4 874
Троицко-Печорский МР	3 260	785	4 045
Удорский МР	6 343	1 463	7 806
Усть-Вымский МР	8 181	3 689	11 870
Усть-Куломский МР	4 161	1 547	5 708
Усть-Цилемский МР	3 783	2 595	6 378

Проанализировав данные, можно сделать вывод, что общее количество образующихся отходов в районах Республики Коми неравномерно, например, в жилом и нежилом секторе минимальное количество образующихся отходов в Койгородском районе – 3 037 т/год, максимальное количество в г. Сыктывкаре – 67 072 т/год.

Больше всего отходов образуется в городских округах, это напрямую связано с тем, что в городских округах количество населения гораздо больше, чем в муниципальных образованиях. Также объекты промышленного значения Республики Коми, которые в основном располагаются в крупных населенных пунктах вносят значительную долю в количество образующихся отходов и сложившуюся ситуацию с ТКО в РК, что требует постоянных финансовых вложений и улучшений в территориальной схеме.

Ситуация с транспортировкой отходов в Республике Коми представлена на схеме потоков ТКО (рисунок 1).

На схеме потоков видно, что отходы, накопившиеся на полигонах муниципальных образований, проезжают огромные расстояния до пунктов размещения, что в свою очередь влечет за собой повышенные тарифы регионального оператора на свои услуги.

На реализацию Территориальной схемы большое влияние оказывает маленькое количество официально зарегистрированных в Государственном реестре объектов размещения отходов (ГРОРО) полигонов. В ГРОРО регистрируются только те полигоны, проекты которых имеют положительное заключение Государственной экологической экспертизы [3], а значит такие полигоны соответствуют требованиям законодательства в области окружающей среды и соответственно их негативное воздействие на окружающую среду минимально.

На данный момент, отходы, образующиеся в городах и районах Республики Коми, транспортируются для размещения только на полигоны, зарегистрированные в ГРОРО, а такие полигоны есть не во всех районах РК. Например, отходы из Сыктывкара, Сыктывдинского, Сысольского, Прилузского, Корткеросского и Усть-Куломского района размещаются на одном полигоне твердо-бытовых отходов в м.Дырнос г. Сыктывкар, такая же ситуация складывается и с Ухтинским городским полигоном твердо-бытовых отходов на нем размещаются отходы из Ижемского, Усть-Цилемского, Сосногорского, Ухтинского, Княжпогостского и Троицко-Печорского районов. Более подробно ситуация с местами размещения отходов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень районов Республики Коми, их объекты размещения отходов, население и количество образующихся отходов

№	Район	Наименование объекта размещения отходов	Население, тыс. человек	Количество образуемых отходов в год, тонн
1	Сыктывкар	полигон ТБО в м.Дырнос г. Сыктывкар	259,9	67 072, 00
2	Сыктывдинский		24,5	7 278, 00
3	Сысольский		12,4	4 874, 00
4	Прилузский		16,7	5 835, 00
5	Корткеросский		18,0	5 304, 00
6	Усть-Куломский		23,5	5 708, 00
7	Усть-Вымский	полигон ТБО с.Айкино	25,0	11 870, 00
8	Койгородский	полигон ТБО с.Койгородок	7,2	3 036, 00
9	Удорский	полигон ТБО п.Усогорск	16,9	7 806, 00
10	Ижемский	Ухтинский городской полигон ТБО	17,0	6 970,00
11	Усть-Цилемский		11,1	6 377,00
12	Сосногорский		42,6	13 132,00
13	Ухтинский		113,7	35 755,00
14	Княжпогостский		18,5	8 511,00
15	Троицко-Печорский		10,6	4 045, 00
16	Вуктыльский	Полигон твердых бытовых и промышленных отходов КС-3 в г. Вуктыл	11,4	7 399,00
17	Печорский	Полигон хранения отходов в г. Печоре	48,9	24 769,00
18	Усинский	Полигон твердых бытовых отходов в г. Усинск	42,8	25 932,00
19	Интинский	Полигон ТБО г. Инты	26,8	17 796,00
20	Воркутинский	Городской полигон ТКО МО ГО «Воркута»	73,1	36 920,00

в м. Дырнос размещаются отходы из 6 районов Республики Коми, ежегодное количество размещаемых отходов на этом полигоне составляет 96 071,00 тонн.

Размещение отходов из соседних районов оказывает на полигоны размещения отходов в г. Сыктывкаре и в г. Ухте чрезмерную нагрузку и соответственно уменьшаются сроки эксплуатации полигонов, т.к. ранее в проектной документации рассчитывалось меньшее количество ежегодно размещаемых отходов на этих объектах.

Также из-за отсутствия объектов размещения отходов во всех районах РК и необходимости транспортировки отходов в другие районы увеличиваются пути транспортировки отходов и соответственно растет стоимость услуг по обращению с отходами для населения, в тариф которых в том числе включается транспортировка.

Характерным примером является ситуация с Усть-Цилемским районом: пустые машины из Ухты преодолевают несколько сотен километров по дорогам неудовлетворительного качества, для того, чтобы загрузить отходы и вернуться обратно в Ухтинский район. Вывоз ТКО из Усть-Цилемского района происходит только в зимний период, в летний период отходы накапливаются в районе, что негативно влияет на окружающую среду, т.к. контейнеров для ТКО не хватает и отходы накапливаются на земле, что в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического законодательства не допускается. Также, население вынуждено платить за бензин и техническое обслуживание машин, которые уже включены в тариф.

Из перечисленного выше можно сделать вывод о необходимости доработки Территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми, т.к. успешная реализация Территориальной схемы зависит от множества факторов. Прежде всего следует увеличить количество объектов по размещению отходов в комплексе с установками по переработке ТКО, с целью минимизации транспортных затрат; необходимо наладить инфраструктуру – обеспечить доступ к труднодоступным для транспортировки отходов районов; также необходимо переоборудовать уже существующие полигоны ТКО с учетом всех современных экологических требований для минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список:

1. Российская Федерация. Законы. О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: [Указ Президента РФ от 19.04.2017] // 19.04.2017. – №176. . – Режим доступа: [Консультант плюс].
2. Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми [Электронный ресурс]: [Приказ Министерства энергетики, жилищно-коммунального хозяйства и тарифов Республики Коми; Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 11.12.2019] // 11.12.2019. – № 485-ОД; 2142/1. – Режим доступа: [Консультант плюс].
3. Об утверждении Правил инвентаризации объектов размещения отходов [Электронный ресурс]: [Приказ Минприроды России от 25.02.2010] // 25.02.2010. – № 49. – Режим доступа: [Консультант плюс].

УДК 365.46

Современное состояние организации благоустройства городских территорий в России

Видзон Е.В.

Научный руководитель - Саприн С.В

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

С начала XX века в связи с развитием технической оснащенности многих сфер жизнедеятельности, состояние окружающей среды стало зависеть от характера взаимодействия природы и человека. В то же время в обществе возникла потребность в повышении качества жизни через инструменты общего городского благоустройства.

Дореволюционная Россия отличалась низкой степенью благоустройства среди европейских стран. Например, по состоянию водоснабжения она занимала одно из последних мест, системы канализации имелись лишь в 18 городах, центральных теплофикационных систем не было вообще. За годы советской власти достигнуты большие успехи в области благоустройства населенных мест. Государство начало выделять для этой цели значительные средства. Высокая степень благоустройства была обусловлена рациональной планировкой населенных мест, комплексной организацией промышленных и жилых районов, определяющих сети общественных и культурно-бытовых учреждений. Большая роль в благоустройстве принадлежала коммунальному хозяйству, которое обеспечивало бесперебойную работу коммунальных сетей и предприятий, городского транспорта, бытовых учреждений, осуществляло наиболее целесообразную эксплуатацию жилых и общественных зданий, спортивных сооружений, парков и т.д.

На сегодняшний день, мероприятия, направленные на комплексное обустройство территории, являются достаточно актуальными при решении вопросов по созданию комфортной и безопасной среды для жизнедеятельности человека. Как правило, увеличение внимания к вопросам благоустройства связывается с прогрессом общества, возрастанием благосостояния и потребностей населения, повышением уровня развития науки, техники и культуры.

В исследованиях, посвященных муниципальному праву систематически выяснялся термин городского благоустройства. В своей работе «Основы общего городского благоустройства» Френкель З.Х., выработал следующую дефиниционную формулу: «К общему городскому благоустройству относятся все те стороны устройства города, вся та часть его материальной культуры, которая назначением своим имеет обратить город в общее жилище - здоровое, безопасное, по возможности долговечное, прочное, красивое и уютное». В условиях современности термин благоустройства приобрел более масштабное и точное значение. Сегодня, комплексное благоустройство территории - это деятельность, направленная на обеспечение безопасности, удобства и гармоничности архитектуры городской среды, осуществляемая с использованием средств вертикальной планировки рельефа, покрытия поверхности земли, декоративного озеленения и обводнения.

Система благоустройства характеризуется рядом обособленных подсистем, каждая из которых обеспечивает решение самостоятельных задач по формированию и сохранению комфортной городской среды:

1. Подсистема содержания улично-дорожной сети обеспечивает функциональное и безопасное состояние дворовых проездов, автомобильных и велосипедных парковок, тротуаров, пешеходных дорожек.

2. К подсистеме наружного освещения относят деятельность, направленную на поддержание надлежащего состояния осветительных коммуникаций на территории мест общественного пользования.

3. Подсистема озеленения включает в себя деятельность по озеленению территорий разного функционального назначения, объединенных во взаимосвязанную систему инфраструктуры населенных пунктов.

4. Подсистема коммунального обслуживания территорий обеспечивает деятельность по поддержанию чистоты, обращению с бытовыми отходами.

5. К подсистеме инженерной защиты территорий относят деятельность по эксплуатации объектов, примерами которых могут служить: противооползневые, противообвальные сооружения, берегозащитные сооружения, сооружения для защиты от подтопления.

6. Подсистема содержания территорий общественного использования. Такая территория включает в себя жилую и общественную застройки, земельные участки в пределах населенных пунктов, где расположены объекты жилой застройки, здания и сооружения общественного использования, другие объекты (набережные, аллеи и т. п.). Также в состав таких территорий относят всевозможные площадки (детские, спортивные, хозяйственно-бытовые, рекреационные).

На рубеже XX-XXI веков вопросам благоустройства в городах и населенных пунктах России уделялось недостаточное внимание. Основными объектами благоустройства являлись, сохранившиеся со времён советского союза спортивные комплексы и парки, находящиеся зачастую в состоянии обветшания, требующие реконструкции, либо полной замены. Основной причиной такой ситуации являлся недостаток финансирования на установку и содержание современных объектов, поскольку основная часть средств шла на социальные нужды. До 2018 года проведение работ по дворовому благоустройству проводилось исключительно за счет средств местных бюджетов [1].

Исправить сложившуюся ситуацию правительство решило путем внедрения уникальной государственной программы. В 2017 году под эгидой Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации была принята проектная программа «Формирование комфортной городской среды». Она рассчитана на срок с 2018 до 2022 года. Общий объем финансирования по этой программе составляет более 42 млрд. рублей, из которых примерно 25 млрд. рублей выделили из федерального бюджета. Оставшуюся часть бюджета для реализации программы выделили субъекты Российской Федерации. Под «Комфортную среду» попадают объекты двух видов: дворовые территории и общественные пространства. Программа предусматривает, что две трети выделенных субсидий должны быть направлены на развитие дворовых территорий, и лишь одна треть – на парки, скверы, пешеходные зоны и прочее.

На законодательном уровне определено, что участвовать в программе могут населенные пункты с численностью более 1000 человек, и только тот город, жители которого сами изъявляют желание в участии. В целом, привлечение местных жителей к решению вопросов благоустройства является одной из перспективных тенденций развития местного самоуправления, которая обеспечивает высокую эффективность решения проблем и повышение удовлетворенности граждан качеством городской среды.

Первые шаги, предпринятые за последнее десятилетие в крупных городах России, показали положительный результат. Среди наиболее ярких проектов можно отметить реконструкцию парка Горького в столице, реконструкции Триумфальной, Театральной площадей и площади Революции, комплексные площадки «Дивный город», «Лахта», «Новая Голландия» в Санкт-Петербурге, различные арт-площадки, выставки под открытым небом в крупных городах России, таких как Самара, Казань, Пермь и др. [2].

Республика Коми также приняла участие во всероссийской программе. В число финалистов вошли города Микунь и Ухта. Администрация МОГО «Ухта» приняло решение об участии города с дизайн-проектом благоустройства общественной территории «Набережная газиков». Набережная реки Чибью – важный элемент общей инфраструктуры города. Благодаря своей локации и доступности к парку культуры и отдыха, она уже является одним из самых популярных и часто посещаемых мест отдыха в городе (рисунок 1).

На территории города Ухты также функционирует муниципальная программа «Формирование современной городской среды». Результатами программы стало благоустройство Октябрьской площади и ряда придомовых территорий [3].

Следующим шагом государственной политики в данном направлении можно считать внедрение ИТ-технологий. Цифровое благоустройство городов сегодня рассматривается как отдельное приоритетное направление, и посвященный его развитию проект «Умный город» был включен в состав нацпроекта «Цифровая экономика». «Умный город» представляет собой внедрение передовых цифровых и инженерных решений в сферу электроэнергетики, транспорта и общественной безопасности для создания виртуального пространства. На сегодняшний день можно говорить об успешной реализации ИТ-технологий в Москве, Санкт-Петербурге, Сочи, Красноярске и Екатеринбурге, где построен целый микрорайон «умных» домов.

По предложению Минэкономразвития цифровизация города будет осуществляться в рамках шести основных целей. В их число входит создание методических и нормативных баз, повышения эффективности управления коммунальной инфраструктурой за счет цифровизация

ЖКХ, обеспечение комплексных подходов к созданию доступных, комфортных и безопасных городских условий с учетом реализации виртуальных платформ управления городскими ресурсами. Предусмотрено также создание цифрового территориального планирования в пилотных городах и создание интеллектуальных транспортных систем, внедрение системы оценки интеллекта городов «IQ городов» и т.д. [4].



Рисунок 1 – Набережная реки Чибью

Уже сейчас можно обратить внимание на обсуждения в различных регионах проектов благоустройства на 2023-2024 гг., то есть предпосылки к наметившейся положительной тенденции, выходящей за рамки государственной программы. Основная задача, поставленная перед проектами, а именно: дать новый импульс развитию муниципалитетов на всей территории Российской Федерации, решается вполне успешно. Можно сделать вывод, что современная организация городского благоустройства развивается постепенными темпами и стремится к полному модернизированному оснащению территории.

Библиографический список:

1. Петрина, О. А. Комфортная городская среда: тенденции и проблемы организации / О. А. Петрина, М. Е. Стадолин // Вестник университета. – 2018. – № 6. – С. 34-38.
2. Костин В. В. Федеральная программа «Формирование комфортной городской среды»: взгляд проектировщика / В. В. Костин // Строительный эксперт. – 2017. – URL: <https://ardexpert.ru/article/9578> (дата обращения: 4.03.2022).
3. Региональный проект «Формирование комфортной городской среды»: - благоустройство дворовых территорий и проездов МОГО «Ухта»; - благоустройство общественных территорий МОГО «Ухта» // Информационное агентство «Комиинформ». – URL: <http://project.komiinform.ru> (дата обращения: 6.03.2022).
4. ЖКХ-2024: большая перезагрузка // Журнал «Вестник». – URL: <http://www.vestnikstroy.ru> (дата обращения: 8.03.2022).

Основные направления предотвращения разливов нефти в Арктическом бассейнеМитько А.В.¹, Сидоров В.К.²

*1 - Арктическая общественная академия наук, г. Санкт-Петербург, Россия;
Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева,
г. Санкт-Петербург, Россия.*

*2 - Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы
МЧС России, г. Санкт-Петербург, Россия.*

После длительного анализа различных источников информации (в том числе зарубежных), включая обсуждения с партнерами и коллегами, изучение рецензируемой и специальной литературы, отслеживание запросов на предложения и посещение конференций, было понятно, что проведен большой объем работы, а также исследований с целью формирования понимания поведения и результатов воздействия нефти на окружающую среду при разливах в Арктике [1]. Это понимание обеспечивает надежную основу для прикладных исследований и технических разработок, направленных на минимизацию риска аварий, а в случае их возникновения – разработку более эффективных методов реагирования и восстановления.

Широта и ценность этого свода знаний могут быть недооценены широкой публикой, и если это так, необходимо приложить усилия, чтобы донести ценность этой информации до неспециалистов и представителей СМИ.

В связи с вышесказанным, три важных направления заслуживают дополнительных исследований, а именно: готовность к реагированию, эффективность реагирования и оценка ущерба.

Готовность к реагированию

Разработка методов обнаружения и картирования нефти, которые не зависят от ледовой обстановки, быстро развертываются и могут быть быстро интерпретированы в полевых условиях. Точная оценка размера и площади разлива нефти будут определять соответствующие масштабы усилий по ликвидации. Своевременная оценка сведет к минимуму пораженную область. Техниккой, которую необходимо оперативно совершенствовать, являются спутниковые и бортовые датчики для первичной оценки, а также уточнение границ разлива с помощью бортовых и подводных систем.

Установление исходных условий окружающей среды и оценка экологически уязвимых территорий. В исследованиях, проведенных по заказу различных неправительственных организаций, большая часть побережья Чукотки и моря Бофорта в Канаде и США были определены как территории повышенной экологической значимости. Как правило, большие участки береговой линии неглубокие и состоят из богатых льдом вечномёрзлых грунтов (хотя оттепели во многих местах все же бывают). Воздействие отложений сырой нефти и ее разливов на этих береговых линиях и следует оценить имеющимися методами очистки.

Определение практичности использования роботов, а также дистанционно и автономно управляемых транспортных средств (далее ROV/AOV) для помощи в процессе очистки. Такая технология может повысить эффективность реагирования в суровых погодных условиях, таких как темное время суток (полярная ночь), грязь или опасные ситуации, а также нестабильная ледовая обстановка.

Полевое тестирование и обучение методам ликвидации разливов спасателей, для обеспечения их знакомства с происходящими при этом процессами, прежде чем они должны будут развернуть работы по ликвидации разливов.

Моделирование разливов нефти под и внутри покрытых льдом вод. Лучшее определение того, как нефть накапливается, рассеивается, и разлагается (как биологически, так и не биологически).

Изучение вариантов минимизации и/или снижения риска, связанных с использованием

судов и перевозкой нефти в Арктике.

Составление и интеграция наборов данных, необходимых для организации планирования, координации и реагирования на разливы нефти в Арктике, будет использоваться в программе Национального управления океанических и атмосферных исследований, США (далее NOAA), по реагированию на окружающую среду в Арктике.

Проведение научно-обоснованных полевых экспериментов и испытаний средств реагирования в арктических водах США и других стран региона, если будут получены необходимые разрешения. При отрицательном развитии событий, необходимо продолжать проведение экспериментов в тестовом режиме, привлекая для этого резервуарные парки, а также, используя партнерство с организациями в Норвегии и Канаде и других странах, для проведения полевых экспериментов в их водах.

Выявление нехватки ресурсов и инфраструктуры при организации сценария высокого риска разливов и оценки стратегии для решения возникающих при этом проблем.

Обучение и вовлечение заинтересованных сторон и общественности в различные методы обнаружения и смягчения последствий разливов в Арктике.

Эффективность реагирования

Повышение эффективности механической системы очистки от разливов нефти в ледяной воде.

Улучшение методов сжигания на месте, которые могут минимизировать объем нефти в воде.

Количественная оценка воздействия сжигания на месте на окружающую среду, включая дым и остаточные продукты. Эти данные могут быть включены в анализ оценки разливов для оказания помощи в выборе наилучшего подхода к восстановлению территории, на которой произошел разлив.

Повышение эффективности химических средств, которые были бы эффективны в очистке битого льда от нефти, расширении возможностей для восстановления и улучшения процесса очистки. Дополнительные исследования могут улучшить производительность этих средств в арктических условиях, характеризующихся льдом, волнами и холодной водой.

Оценка действия диспергентов в арктических условиях. Диспергаторы широко использовались при ликвидации последствий разлива нефти на платформе Deepwater Horizon. Эффективность и токсичность диспергаторов, а также их способность к нейтрализации нефти при ее закачке в источник утечки, являются темами значительных исследований, но не в условиях, существующих в полярных регионах.

Оценка пробелов в информационных, логистических, коммуникационных и инфраструктурных потребностях, которые в настоящее время существуют в реагировании на разливы.

Оценка ущерба

Проведение исследований с точки зрения гуманитарного воздействия разливов. Каковы последствия арктических разливов для человека? Факторы, которые следует учитывать, включая здоровье и общее состояние персонала, принимающего участие в ликвидации последствий, местных жителей, подвергшихся прямому и косвенному воздействию разлива нефтепродуктов (например, за счет биоаккумуляции и натурального потребления диких животных).

Определение воздействия диспергированной нефти на арктические экосистемы с оценкой ее токсичности и токсичности диспергаторов. Влияние их на придонную флору и фауну и, в частности, на морских млекопитающих и морских птиц.

Анализ потребностей в исследованиях и данных для проведения работ по восстановлению территорий пострадавших от разливов нефтепродуктов, а также других возможных реставрационных проектов в этом направлении.

Финансирование исследований разливов нефти

Согласно недавнему отчету правительства (на примере США) и Счетной палаты (GAO-11-319, март 2011 г.) федеральные учреждения, являющиеся членами Международной

консалтинговой организации по коммуникациям (далее ICCOPR), израсходовали около 164 миллиона долларов на исследования загрязнения нефтью с 2000 финансового года по 2010 г. Большая часть средств (145 миллионов долларов) поступила от Целевого фонда ответственности за разливы нефти (далее OSLTF), уполномоченного соответствующим Законом о загрязнении 1990 г. (далее OPA90). OSLTF финансируется за счет налога на добычу и импорт нефти, первоначально установленный на уровне 0,05 долл. США за баррель, а затем повышенный до 0,08 долл. США в 2008 г.

Помимо трастовых фондов, агентства потратили только дополнительные 18 миллионов долларов на исследования загрязнения нефтью за более чем десятилетие, и лишь часть от разливов в покрытых льдом водах, площадь которых ICCOPR определил как очень важную потребность в современных условиях. Хочется отметить, что после инцидента с Deerwater Horizon расходы на исследования в области разливов и их нейтрализации увеличились.

В свою очередь, NOAA является единственным федеральным агентством, которое отвечает за обеспечение готовности, реагирования и ликвидации разливов нефти, назначенным OPA90, но не получает прямых ассигнований от OSLTF на исследования и разработки.

Мы также отмечаем, что способы, которыми фонды исследований финансируют агентства, варьируются в широких пределах. Некоторые агентства, стремящиеся опыт за пределами своего штата, объявлять конкурсы предложений и широковещательные объявления агентств, а также могут использовать процесс экспертной оценки для выбора проектов для финансирования. Другие придерживаются контрактного подхода или тратят средства внутри компании, внутри агентства.

Что касается финансирования Института по ликвидации разливов нефти (далее OSRI), созданного также OPA90, ресурсы для исследования разливов нефти привязаны к процентам, полученным от выплат компанией Exxon за аварию танкера Exxon Valdez и последующего разлива нефти в районе поселка Вальдес на Аляске. В последнее время финансирование исследований составляет примерно 1 миллион долларов в год.

Министерство внутренних дел

- Служба управления полезными ископаемыми (MMS)
- Бюро по управлению, регулированию и контролю за использованием энергии океана (BOEMRE)
- Управление доходов от природных ресурсов (ONRR)
- Бюро управления энергетикой океана (BOEM)
- Бюро по безопасности и охране окружающей среды (BSEE)
- Геологическая служба США (USGS)

MMS, BOEMRE, ONRR

Служба управления полезными ископаемыми (далее MMS) была создана 19 января 1982 г., почти через 30 лет после принятия Конгрессом двух важных актов - Закона о затопленных землях и Закона о внешних землях континентального шельфа (далее OCS) и также через 28 лет после первой передачи OCS в аренду. MMS отвечает за управление ресурсами, безопасность, защиту окружающей среды и сбор доходов.

Большинство отчетов, в которых анализировался Deerwater Horizon как стихийное бедствие, содержали рекомендации для промышленности и правительства, включая изменения в структуре и процедурах MMS.

У MMS был широкий мандат с изначально конфликтующими миссиями и в связи с этим не хватало ресурсов для значительного расширения морского бурения за последние несколько десятилетий. 19 мая 2010 г. министр внутренних дел Салазар подписал секретарское распоряжение, которое разделило MMS на три организации, Бюро по управлению энергетикой океана (далее BOEM), Бюро по безопасности и охране окружающей среды (далее BSEE), и Управление по доходам от природных ресурсов (далее ONRR). Эти организации осуществляют надзор за арендой энергии, обеспечением безопасности и охраны окружающей среды, а также сбором доходов соответственно. На 21 июня 2010 г. MMS было переименовано в Бюро по управлению, регулированию и правоприменению энергии океана (далее BOEMRE).

Для завершения реорганизации BOEMRE был заменен на BOEM и BSEE 1 октября 2011 г. MMS/BOEMRE исторически привлекала исследовательские фонды с промышленностью и другими сторонами для проведения исследований и разработке технологий ликвидации разливов нефти в арктических водах. С 1997 г. до 2008 года MMS/BOEMRE успешно развивалась, реализован и проведен 31 проект, непосредственно связанный с реагированием на разливы нефти в Арктике. Более 40% этих проектов были совместно финансированы государственными и федеральными государственными учреждениями, академическими кругами, частным сектором и правительствами иностранных государств.

Исследования и разработки в области ликвидации разливов нефти в Арктике сосредоточены на дистанционном зондировании и наблюдении, механическом реагировании, использовании химических реагентов для обработки, включая диспергаторы, а также сжигании на месте. Эти исследования включают в себя проведение оперативных исследовательских экспериментов с нефтью в малых и больших тестовых условиях, танках, в море и во льду для проверки различных типов разливов нефти и определения технологии и методики реагирования на эти чрезвычайные ситуации.

С учетом вышесказанного, наблюдается некоторый прогресс в ликвидации разливов нефтепродуктов, но США все еще плохо подготовлены для освоения шельфа Арктики. Этот вывод фокусируется на шести определениях относительно ликвидации разливов нефти в арктических водах, и заключает, «...несмотря на прогресс, остаются значительные пробелы в доступности эффективных средств ликвидации разливов нефти в Арктике». Всемирный фонд дикой природы (далее WWF) также призвал к «анализу пробелов при ликвидации разливов в аляскинской Арктике, который позволит полностью раскрыть и количественно определить процент времени, в течение которого могут своевременно реагировать системы ликвидации разливов нефтепродуктов в Арктике».

Отметим, что федеральное правительство Канады провело такой анализ пробелов в реагировании на подобные чрезвычайные ситуации для канадских моря Бофорта и пролива Дэвиса. Канадский национальный Совет по энергетике поручил SL Ross Environmental провести эти исследования для работы. В итоговом отчете отражены причины пробелов и перспективы развития института реагирования на разливы нефтепродуктов в указанной Арктической зоне.

Программа экологических исследований имеет широкие полномочия по информированию политических решений по развитию OCS путем разработки, проведения и надзора за научными исследованиями [2]. Если смотреть по регионам, то Аляске уделяется значительное внимание в этом направлении и исследования сосредоточены на охраняемых и находящихся под угрозой исчезновения видах, океанографии, биологии, изучении натуральной жизни и традиционных знаний, а также экономическом моделировании. Другие исследования рассматривают влияние нефти на окружающую среду при разливах во льдах, дистанционное зондирование и моделирование физических и биологических систем. Эти программы сейчас распределяются между BOEM и BSEE, как описано ниже.

BOEM управляет разведкой и разработкой морских месторождений естественных ресурсов на территории США. Эта организация стремится надлежащим образом сбалансировать экономическое развитие, энергетическую независимость и защиту окружающей среды за счет аренды нефти и газа, развития возобновляемых источников энергии, экологических обзоров и исследований. BOEM отвечает за пятилетнюю программу лизинга нефти и газа OCS, которая включает оценки, кадастры и производственные прогнозы. BOEM управляет продажей нефти и газа в лизинг и оффшорными программами по возобновляемым источникам энергии, а также проводит экологические обзоры и исследования. Особый интерес в этом смысле вызывают ежегодные планы изучения Аляски и всего Арктического региона.

Текущие исследования делятся на следующие направления и категории: Физическая океанография, Парки и их развитие, Среда обитания и экология, Морские млекопитающие и охраняемые виды, Социальные системы, Управление информацией и интегрированные исследования.

Помимо текущих исследований арктических биологических сообществ (например, рыб,

морских птиц, бентоса и морских млекопитающих), в программу исследований входит моделирование метеорология, схемы циркуляции течений и их отслеживание с помощью высокочастотного радара, а также местонахождение и деятельность полыньи (области открытой морской воды окруженной морским льдом) в зоне Северного Ледовитого океана. Прибрежный морской институт Университета Аляски (далее СМІ) был создан соглашением о сотрудничестве между университетом Аляски и Министерством внутренних дел США (подразделение MMS по региону Аляска) для изучения проблем связанных с разработкой природного газа, нефти и полезных ископаемых на внешнем континентальном шельфе Аляски. Многие из проектов, финансируемых СМІ, касаются вопросов рыболовства, биомониторинга, физической океанографии, а также нефти. Исследовательские проекты, финансируемые СМІ, должны иметь как минимум одного представителя из Университета Аляски. Также поощряются исследования в кооперации между учеными Университета Аляски и различными государственными учреждениями. Текущие темы исследований включают движение и отслеживание морского льда и образования и деятельности полыней, оценку рыб и бентических организмов и последствия изменения климата [3].

BSEE призвано способствовать безопасности, защите окружающей среды и сохранению морских ресурсов. Чтобы убедиться, что отраслевые операции на OCS включают в себя наилучшие доступные и самые безопасные технологии, BSEE наращивает свои возможности в этом направлении с помощью системы (исследовательской программы) - Изучение реагирования на разливы нефти (далее OSRR). Более 25 лет OSRR финансирует комплексную и продолжительную исследовательскую программу по совершенствованию технологий ликвидации разливов нефти. Главной задачей программы является совершенствование знаний и технологий, используемых для обнаружения, локализации и ликвидации разливов нефти на OCS США. Текущие проекты OSRR охватывают широкий спектр вопросов ликвидации разливов и включают лабораторные, мезомасштабные и полномасштабные полевые эксперименты. Основные тематические области, некоторые из которых изучаются в Омсетте, включают дистанционное зондирование и обнаружение, физические и химические свойства сырой нефти, механическое сдерживание и восстановление, химические реагенты для обработки и диспергаторов, сжигание на месте и глубоководные операции.

Центр исследования разливов нефти Омсетт, расположенный в Леонардо, Нью-Джерси, управляется и обслуживается BSEE через контракт с MAR Inc. в Роквилле, штат Мэриленд. Этот объект является крупнейшим в Северной Америке сооружением для волн/буксировочных резервуаров под открытым небом и является единственным предприятием, на котором проводится полномасштабное тестирование оборудования для ликвидации разливов нефти. Исследования и обучение могут проводиться в морской среде с нефтью в контролируемых условиях окружающей среды (волны и типы нефти). Волновой генератор танка создает реалистичную морскую среду, а современная система сбора данных и тестирования производит запись результатов. Резервуар использовался для проверки и тестирования оборудования локализации и очистки разливов нефти, для тестирования новых конструкций оборудования для реагирования, для проверки результатов исследований и для проведения обучения по актуальным технологиям ликвидации разливов нефти.

В партнерстве с Научно-технической лабораторией холодных регионов (далее CRREL) были проведены испытания по ликвидации последствий разливов нефти в покрытой льдом воде (созданной с использованием ледяных блоков) на объекте Омсетт. Эти тесты включают также Систему механической очистки от нефти в ледовых водах (MORICE) и испытания диспергентов в сочетании с волновым полем.

BSEE также управляет Национальным оффшорным учебным центром с учебным планом, предназначенным для обучения новых инспекторов и повышения квалификации действующих специалистов.

В декабре 2011 г. BSEE опубликовала объявление агентства Broad Agency под номером E12PS00012 о предлагаемых исследованиях нефти.

Операции по ликвидации разливов на внешнем континентальном шельфе США. Две из

10 тем были посвящены льду и нефти.

USGS

Чтобы придерживаться комплексного, научно-обоснованного подхода к развитию энергетики на OCS, министр внутренних дел Салазар поручил Геологической службе США (далее USGS) определить пробелы в научном понимании развития энергетики OCS в Арктике, в частности в Чукотском море и море Бофорта.

В докладе обобщается большой объем существующая научная информация, определяются существующие пробелы и даются начальные рекомендации по новым и продолжающимся исследованиям, которые могли бы улучшить процесс принятия решений.

Среди основных областей, отмеченных в отчете, в котором дополнительные научные исследования, анализ и синтез могли бы сократить неопределенности, выделяются следующие:

- Развитие лучшего понимания воздействия климата изменение физических, биологических и социальных условий, а также как стратегии управления ресурсами в Арктике.
- Разработка базовых геопространственных данных о внешнем континентальном шельфе в Арктике.
- Синтез существующей научной информации по широкому кругу тем по Арктике.
- Использование достижений в области оценки риска разливов нефти и знаний о реагировании путем разработки более качественной информации о ключевых входных данных для моделей разливов (такие как океанографические, погодные и экологические данные)
- Улучшение диалога и использование совместного комплексного научного планирования как внутри страны, так и на международном уровне [4].

Библиографический список:

1. «Разливы нефти в арктике. Проблемы и решения» / Краснопольский В.Г. //, журнал «Neftegaz.RU» - 2019, - №5, [Электронный ресурс].
<https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/473433-razlivy-nefti-v-arktike-problemy-i-resheniya/> (дата обращения 12.01.2022)
2. Программа экологических исследований / [Электронный ресурс].
<http://www.boem.gov/environmental-studies> (дата обращения 12.01.2022)
3. Coastal and Marine Institute / [Электронный ресурс]. <https://cmi.sdsu.edu/> (дата обращения 12.01.2022)
4. Информационный бюллетень об исследовании Арктики / [Электронный ресурс].
<http://pubs.usgs.gov/circ/1370/pdf/circ1370.pdf> (дата обращения 12.01.2022)

СЕКЦИЯ 20. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 330.11

Экономические аспекты эффективности переработки твердых коммунальных отходов

Чупрова В.Н.

Научный руководитель – Саматова Т.Б.

Ухтинский государственный технический университет г. Ухта, Россия

Под твердыми коммунальными отходами (ТКО) понимают неоднородную смесь различных по физическому состоянию и крупности неорганических элементов сложного компонентного и химического состава. Состав ТКО изменяется в зависимости от сезона, расположения и величины населенного пункта, уровня развития промышленности, состояния благоустройства и других показателей.

В Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» дается определение понятию «обращение с отходами», под которым понимается «деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов» [1].

В настоящее время не существует универсального способа переработки ТКО, удовлетворяющего современным требованиям экономики и ресурсосбережения. Для каждого населенного пункта способ переработки ТКО должен выбираться исходя из состава и свойств ТКО; нормы накопления ТКО; изменений по сезонам года; климатических условий; потребности в энергетических ресурсах и вторичном сырье и других факторов.

Для эффективного и безопасного обращения с твердыми бытовыми (коммунальными) отходами нужно управлять определенными правилами и соблюдать поставленные требования.

В Федеральном законе РФ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» представлены общие требования при обращении с отходами производства и потребления: «способы сбора, утилизации, обезвреживания, транспортировки, хранения и захоронения должны быть безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством Российской Федерации».

Под переработкой отходов понимается – воплощение любых технологических операций, связанных с изменением физических, химических или же биологических свойств отходов с целью подготовки их к экологически безопасному хранению, перевозки, утилизации или удалению.

В настоящее время используются следующие методы утилизации ТКО: складирование отходов на полигонах (захоронение); комплексная сортировка с утилизацией выделенных компонентов; биотермическое компостирование; мусоросжигание; получение биогаза (сбраживание) и пиролиз.

В России ежегодно образуется примерно 5,4–5,6 млрд. тн. в год ТКО, из них сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство – 43 млн т отходов; обрабатывающее производство – примерно 243 млн т, строительство – 17 млн. т, энергетика – 28 млн т, а добыча полезных ископаемых – 4807 млн. тонн. Согласно данным Министерства природных ресурсов, среднестатистической российской семьей ежегодно выбрасывается порядка 1,6 тонны бытовых отходов, в том числе более 145 кг пластмассовых и почти 100 кг бумажных отходов, а также почти тысяча стеклянных бутылок. В среднем на человека приходится до 400 кг отходов в год, причем объемы образования ТКО на душу населения в городской и сельской местности сильно отличаются.

Среди одиннадцати регионов Северо-Западного федерального округа Республика Коми занимает 6 место по количеству образующихся отходов (около 1,73% отходов

Северо-Западного федерального округа и 0,14% отходов Российской Федерации).

Согласно анализу данных государственного статистического наблюдения, а также по расчетным данным, которые проводились в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации в Республике Коми «суммарное количество образовавшихся за 2016 год отходов производства и потребления составило 5,76 млн. тонн. В среднем объем образования твердых коммунальных отходов на 1 человека составляет 350 кг в год.

В общем объеме образовавшихся отходов преобладают отходы 5 класса опасности (95,7%), основной вклад в образование отходов вносят предприятия по добыче полезных ископаемых (77,6%), предприятия по производству бумаги и бумажных изделий (12,2%), предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (3,9%), обрабатывающие производства (1,9%)» [2].

В настоящее время в Республике Коми основная масса твердых коммунальных отходов без сортировки и извлечения полезных компонентов размещается на полигонах твердых коммунальных отходов, санкционированных и несанкционированных свалках.

Инфраструктура обращения с твердыми коммунальными отходами представлена организациями, осуществляющими в комплексе или отдельно сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание и размещение отходов. Сортировка отходов осуществляется на объектах размещения стихийно. В основном сортируется лом черных и цветных металлов. Инфраструктура утилизации отходов на территории населенных пунктов не развита.

Компонентный состав ТКО по муниципальным образованиям Республики Коми представлен в таблице 1.

В соответствии с программой, утвержденной Правительством Республики Коми [2], в 2018-2028 гг. в республике планируется «создание объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов, обеспечение бесперебойной системы сбора, транспортировки, обработки, обезвреживания, утилизации и размещения отходов, ликвидация и рекультивация объектов размещения отходов, экологическое просвещение.

Общий объем финансирования программы на десять лет предварительно оценивается в размере 13,3 млрд. рублей. Из них из внебюджетных источников – 12,8 млрд. рублей, из республиканского бюджета – 498 млн. рублей, из местных бюджетов – 50,4 млн. рублей.

За период реализации программы в регионе планируется создать 272 площадки накопления твердых коммунальных отходов (ТКО), 1108 площадок для раздельного сбора мусора, рекультивировать 350 участков несанкционированных свалок. В муниципалитетах будет построено 69 мусороперегрузочных станций, 17 мусоросортировочных станций, два мусороперерабатывающих завода – в Эжве и Сосногорске, 19 полигонов ТКО и 10 площадок временного накопления ТКО.

Участниками программы предполагаются ООО «Авангардтрансстрой», ООО «Континент-Плюс», которые планируют строительство мусороперерабатывающих заводов в Эжве и Сосногорске. ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» планирует построить полигон по переработке твердых и жидких нефтешламов в Усть-Цилемском районе. ООО «Емва развитие» – завод по переработке автомобильных шин, ООО «Сыктывкарский ЛДК» – завод по производству пеллет. АО «Монди СЛПК» реализует проект по модернизации ТЭЦ, ООО «Азимут» – по строительству теплоэлектростанции на древесных отходах» [2].

Поступления отходов непрерывны вне зависимости от сезона, который влияет только на их объем и варьируется по виду предоставляемых услуг мусороперерабатывающим заводом:

– наиболее высокая потребность в утилизации РТИ будет необходима в осенний и весенний период, т.к. эти сезоны совпадают с высокой загруженностью по смене автомобильных шин автотранспортных и шиномонтажных организации, а также предприятия, имеющие автотранспортный парк, которые занимают большую долю по

поставке для утилизации данного вида отхода;

– необходимость в утилизации ТКО возрастает кратковременно после праздничных дней, т.к. потребление различных видов товаров и продукции резко увеличивается, что прямо пропорционально ведет к увеличению объемов отходов (вторсырье для продажи, после переработки ТКО увеличивается в объеме потребления, в аналогичный период);

– в весенний период возрастают объемы поступления медицинских отходов, по статистике министерства здравоохранения РФ именно этот период является травмоопасным для населения, а также повышается риск заболевания ОРВИ, тем самым при большом поступлении пациентов, использование медицинских ресурсов увеличивается, как и отходы от них;

– поступление отходов по утилизации отработанных ГСМ и нефтешламов не значительно варьируются по объему в течении года, т.к. отсутствуют резкие скачки необходимости потребления ресурсов, после чего образуются данные отходы (полученное после переработки вторсырье, также потребляется без резкой динамики).

Таблица 1 – Компонентный состав ТКО по муниципальным образованиям РК

Наименование территории	Содержание компонента, %													
	Пищевые отходы	Бумага, картон	Дерево	Черный лом	Цветной лом	Текстиль	Кости	Стекло	Резина	Камни	Пластик	Прочее	Отсев (15мм)	ИТОГО
МО ГО «Сыктывкар»	54,06	46,44	5,3	5,33	1,52	7,6	2,2	7,6	3,81	3,05	5,33	2,28	7,61	152
МО ГО «Воркута»	31,77	27,29	3,1	3,13	0,89	4,4	0,8	4,47	2,24	1,79	3,13	1,34	4,47	89
МО ГО «Инта»	10,86	9,33	8,3	1,07	0,31	1,5	0,4	1,53	0,77	0,61	1,07	0,46	1,53	30,6
МО ГО «Усинск»	12,66	10,87	1,2	1,25	0,36	1,7	0,5	1,78	0,89	0,71	1,25	0,53	1,78	35,6
МО ГО «Ухта»	19,51	16,76	1,9	1,92	0,55	2,7	0,82	2,75	1,37	1,10	1,92	0,82	2,75	54,9
МО МР «Вуктыл»	40,79	4,11	0,47	0,47	0,13	0,67	0,20	0,67	0,34	0,27	0,47	0,20	0,67	13,48
МО МР «Ижемский»	4,41	3,79	0,44	0,44	0,12	0,62	0,19	0,62	0,31	0,25	0,44	0,19	0,62	12,43
МО МР «Княжпогостский»	3,64	3,13	0,36	0,36	0,10	0,51	0,15	0,51	0,26	0,21	0,36	0,15	0,51	10,25
МО МР «Койгородский»	1,02	0,88	0,10	0,10	0,03	0,14	0,04	0,14	0,07	0,06	0,10	0,04	0,14	2,88
МО МР «Корткеросский»	2,17	1,86	0,21	0,21	0,06	0,31	0,09	0,31	0,15	0,12	0,21	0,09	0,31	6,10
МО МР «Печора»	16,09	13,83	1,59	1,59	0,45	2,27	0,68	2,27	1,13	0,91	1,59	0,68	2,27	45,33

Описание технологии утилизации и переработки твердых коммунальных и промышленных отходов.

Процесс производства утилизации ТКО включает в себя: организацию контроля и взвешивания мусоровозов на территории комплекса; функционирование бункера склизаворонки; функционирование барабана-грохота; первая зона барабана-грохота; вторая зона барабана-грохота; бункер-накопитель; третья зона барабана-грохота; четвертая зона барабана-грохота; сортировочный стол; пятая и шестая зона барабана-грохота; конвейер конечной ручной сортировки; обеззараживание отходов; вариация технологических параметров барабана-грохота; прессование и взвешивание вторичных металлов; пиролизная установка «Пиротекс»; утилизация РТИ; утилизация отработанных ГСМ и нефтешламов, медицинских отходов и хвостов ТБО.

После приема и переработки отходов планируется продажа вторичного (ликвидного сырья):

- уголь активированный (марка ДАК);
- уголь активированный (марка БАУ);
- бугорчатые лотки для яиц;
- ПЭТ бутылки;
- ПЭТФ хлопья;
- черный лом, металлокорд;
- цветной лом;
- пиролизное (котельное) топливо;
- стеклобой;
- макулатура.

План, оказываемых заводом услуг по утилизации ТКО, приведен таблице 2.

Таблица 2 – План, оказываемых заводом услуг по утилизации

Вид услуг по утилизации, ед. измерения	2022 г.	2023 г.	2024 г. и далее
1	2	3	4
Утилизация ТБО, тонн	4 166,67	50 000	50 000
Утилизация отработанных ГСМ, тонн	88,25	353	353
Утилизация отработанных РТИ, тонн	504	672	672
Утилизация нефтешламов, тонн	250	1 000	1 000
Утилизация медицинских отходов, тонн	146,82	587,28	587,28

План производства готовой продукции приведен в таблице 3.

Таблица 3 – План производства продукции

Вид продукции, ед. измерения	2022 г.	2023 г.	2024 г. и далее
1	2	3	4
Лотки для яиц, шт	2 113 200	8 452 800	8 452 800
ПЭТ бутылки, тонн	174,99	699,96	699,96
ПЭТФ хлопья, тонн	350,01	1 400,04	1 400,04
Черный лом, тонн	301,32	1 205,3	1 205,30
Цветной лом, тонн	86,09	344,37	344,37
Пиролизное (котельное) жидкое топливо, тонн	223,59	894,36	894,36
Макулатура, тонн	1 647,99	6 591,98	6 591,98
Стеклобой, тонн	215,23	860,93	860,93
Уголь активированный (марка ДАК), тонн	13,5	54	54
Уголь активированный (марка БАУ), тонн	16,5	66	66

Структура планируемой выручки за 2 года приведена на рисунке 1.

Из таблицы видно, что наибольшую долю в затратах занимает электроэнергия (38,63%), далее амортизационные отчисления – 25,41%, а также фонд оплаты труда – 23,89%. Остальные статьи занимают меньшую долю в затратах по сравнению с вышеперечисленными. Таким образом, ежегодная сумма затрат мусороперерабатывающего комплекса будет составлять 755 61872,32 тыс. руб.

Капитальные вложения определены как реальные инвестиции, включающие единовременные затраты для простого и расширенного воспроизводства основных фондов, расширения, реконструкции и технического перевооружения предприятия, приобретения машин, оборудования, инструмента и инвентаря. Общая сумма необходимых инвестиций на строительство завода по переработке ТКО составит 164 738,40 тыс. руб.

Расчётные показатели коммерческой эффективности инвестиций свидетельствуют об эффективности проекта и его инвестиционной привлекательности:

- чистый дисконтированный доход больше нуля, что свидетельствует о превышении притоков денежных средств над затратами;
- индекс доходности составляет 1,913 руб./руб., что больше 1;
- внутренняя норма доходности составляет 35 % (больше ставки дисконтирования);
- срок окупаемости проекта составляет 4 года.

Расчет годовых затрат на производство приведен в таблице 4.

Проведенный анализ рисков позволяет сделать вывод о том, что наиболее критическим фактором является снижение выручки: при снижении выручки на 20% ЧДД уменьшается на 53%, индекс доходности – на 26% и ВНД – на 31%. На втором месте является чувствительность проекта от капитальных вложений: при росте капитальных вложений на 20% ЧДД уменьшается на 22%, индекс доходности – на 17% и ВНД – на 20%. Далее при росте себестоимости ЧДД уменьшается на 12%, индекс доходности – на 6% и ВНД – на 9%. В диапазоне изменяющихся параметров проекта от -20 до 20%, проект остается достаточно устойчивым и прибыльным.

Таблица 4 – Расчет годовых затрат на переработку ТКО

Наименование статей	Сумма затрат, руб	Уд. вес, %
1	2	3
Сырье и материалы	1850430,00	2,45
Электроэнергия	29192814,00	38,63
Заработная плата	18055440,00	23,89
Страховые взносы, 30%	5416632,00	7,17
Отчисление в фонд обязательного страхования от несчастных случаев, 0,3%	54166,32	0,07
Амортизация	19199840,00	25,41
Коммерческие расходы	474000,00	0,63
Административно-управленческие расходы	324000,00	0,43
Общепроизводственные расходы	994550,00	1,32
Итого:	75561872,32	100

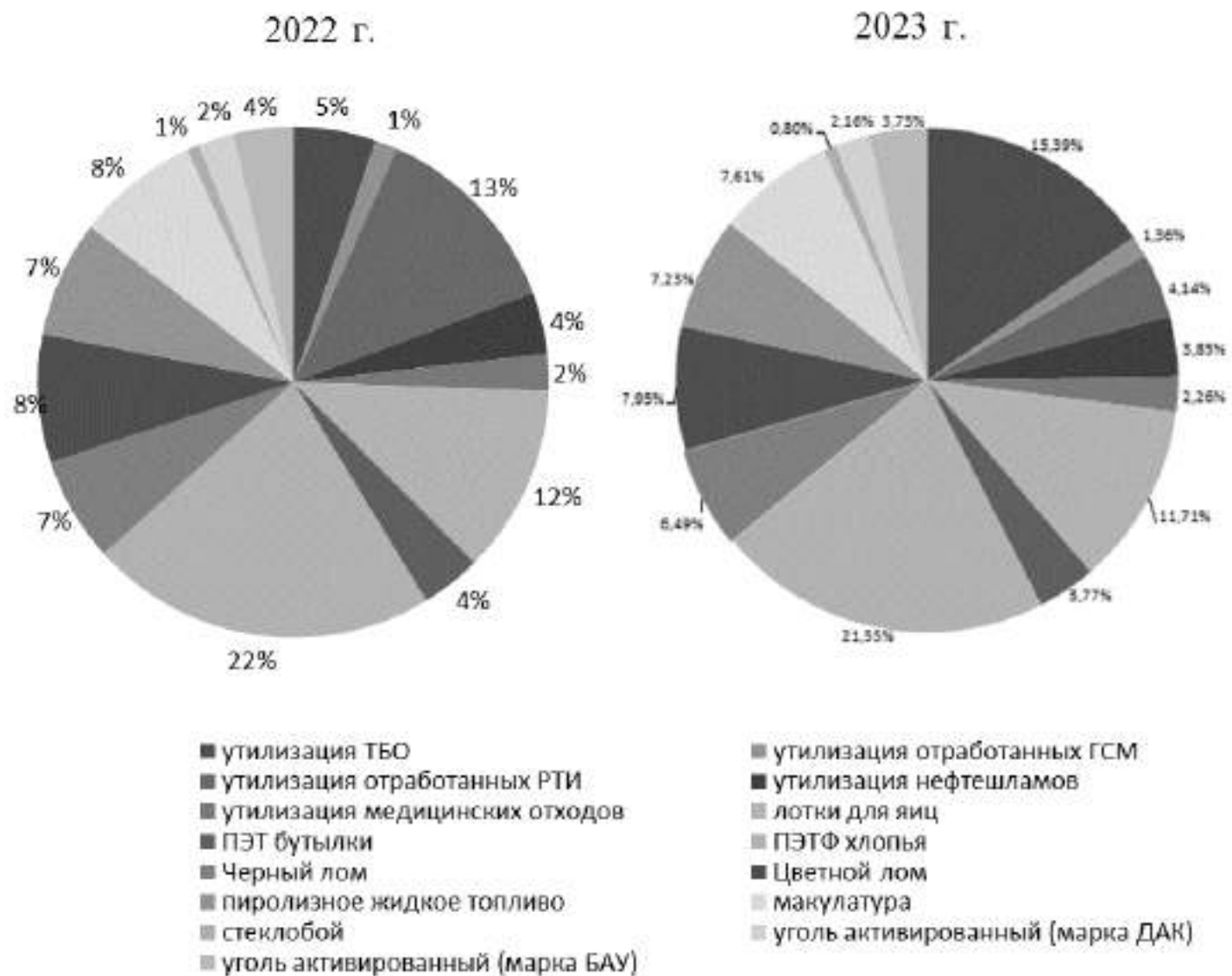


Рисунок 1 – Структура выручки от реализации продукции при переработке ТКО

Библиографический список:

1. Об отходах производства и потребления: федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (в ред. от 31.12.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – №26. – С. 12 – 14.
2. О региональной программе Республики Коми в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на 2018 – 2028 годы: постановление Правительства Республики Коми от 16.02.2018 // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. – 2018. - № 95. – С. 5 – 8.

УДК 338.516.46

Совершенствование тарифа на коммунальную услугу по обращению с твердыми коммунальными отходами

Гуляева А.П.

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

С 01 января 2019 года Россия перешла на новую систему обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО).

Многие считают, что с введением новой системы обращения с ТКО размер платы за коммунальную услугу по обращению с ТКО значительно увеличился, а региональный оператор по обращению с ТКО получает необоснованную прибыль. Население недовольно величиной тарифов, в том числе их постоянным увеличением, потому что не видят никаких изменений в положительную сторону: нарушения качества коммунальной услуги по обращению с ТКО (вывоз ТКО).

Регулирование тарифов на услуги в сфере обращения с ТКО осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (далее – Закон № 89-ФЗ), постановлением Правительства Российской Федерации от 30.05.2016 № 484 «О ценообразовании в области обращения с ТКО», приказом ФАС России от 21.11.2016 №1638/16 «Об утверждении Методических указаний по расчету регулируемых тарифов в области обращения с ТКО» и иными нормативными правовыми актами в области обращения с ТКО.

В соответствии с частью 4 статьи 24.8 Закона № 89-ФЗ регулирование осуществляется посредством установления предельного единого тарифа на услугу регионального оператора (далее – единый тариф).

Динамика размера единого тарифа на территории Республики Коми в 2020-2022 гг. сложилась следующим образом в таблице 1 [3, 5].

По данным таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

1. По сравнению с первым полугодием 2020 г. во втором полугодии 2020 г. (в период пандемии коронавируса) единый тариф вырос почти на 10%.
2. На 2021 г. был утвержден пониженный по сравнению с 2020 г. на 1% единый тариф.

Необходимо иметь в виду, что рост тарифов на коммунальные услуги, оказываемые населению, ограничен средними индексами изменения размера вносимой гражданами платы за коммунальные услуги по субъектам Российской Федерации, утверждаемыми Правительством Российской Федерации.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30.10.2021 № 3073-р утверждены индексы изменения размера вносимой гражданами платы за коммунальные услуги в среднем по субъектам Российской Федерации и предельно допустимые отклонения по отдельным муниципальным образованиям от величины указанных индексов на 2022 г. Для Республики Коми указанные индексы составляют:

- с 01.01.2022 г.: в размере 0% по сравнению с декабрем 2021 г.;

- с 01.07.2022 г.: в размере 4,1% по сравнению с декабрем 2021 г. и величиной допустимого отклонения по отдельным муниципальным образованиям 2,4%.

Таким образом, единый тариф на первое полугодие 2022 г. остался на уровне декабря 2021 г.

3. По сравнению с первым полугодием 2022 г. на второе полугодие 2022 г. установлен увеличенный на 3,2% единый тариф.

Основными факторами, которые обусловили повышение единого тарифа во втором полугодии 2022 г. являются:

1. Увеличение собственных расходов регионального оператора (например, сбытовые расходы).

2. Рост расходов регионального оператора по обработке, обезвреживанию, захоронению ТКО на объектах, используемых для обращения с ТКО.

3. Рост расчетной предпринимательской прибыли.

В то же время имело место снижение расходов регионального оператора на неподконтрольные расходы и расходы на амортизацию основных средств и нематериальных активов.

Таблица 1 – Динамика размера единого тарифа на территории Республики Коми в 2022-2021 гг., руб./куб.м (без НДС)

Наименование категории потребителей	2020		2021		2022	
	01.01-30.06	01.07-31.12	01.01-30.06	01.07-31.12	01.01-30.06	01.07-31.12
Потребители, за исключением категории «население» (без НДС)	-	-	-	-	-	-
Население (с НДС)	-	-	-	-	-	-
Все категории потребителей (без НДС)	758,27	834,02 (+9,99%)	825,61 (-1,00%)	825,61 (0,00%)	825,61 (0,00%)	852,03 (+3,20%)

В целях недопущения превышения установленных ограничений роста платы граждан за потребляемые коммунальные услуги внесены изменения в Закон Республики Коми от 29.11.2018 г. № 78-РЗ «О льготных тарифах в сфере теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения» в части применения со второго полугодия 2020 г. льготных тарифов на услугу регионального оператора.

Динамика размера льготного тарифа на услугу регионального оператора (далее – льготный тариф) на территории Республики Коми в 2020-2022 гг. представлена в таблице 2 [1, 2, 6].

По данным таблицы 2 можно отметить, что с 1 июля 2020 г. по 30 июня 2021 г. подлежал применению льготный тариф в размере 778,60 руб. за 1 куб.м (без НДС), с 1 июля по 31 декабря 2021 г. – 818,56 руб. за 1 куб.м. Прирост льготного тарифа в первом полугодии 2021 г. относительно второго полугодия 2020 г. был равен 0%, прирост льготного тарифа во втором полугодии 2021 г., относительно первого полугодия 2021 г., был равен 3,8%. С первого полугодия 2022 г. применяется льготный тариф в размере 818,56 руб. и остается на уровне декабря 2021 года. На второе полугодие 2022 года льготный тариф не предусмотрен.

Начисление платы за коммунальную услугу по обращению с ТКО по льготному тарифу может осуществляться в отношении:

1. Населения и приравненных к нему категорий потребителей. При этом отмечаем, что со второго полугодия 2021 г. по первое полугодие 2022 г. льготный тариф применяется только для населения и приравненных к нему категорий потребителей. На второе полугодие 2022 г. льготный тариф не предусмотрен.

2. Субъектов малого и среднего предпринимательства, сведения о которых включены в единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства и которые зарегистрированы

и осуществляют деятельность на территории Республики Коми.

3. Государственных учреждений Республики Коми и муниципальных учреждений, осуществляющих виды деятельности в одной или нескольких сферах культуры, национальной политики, физической культуры, спорта, образования, здравоохранения, социальной защиты, занятости населения, средств массовой информации, охраны окружающей среды, защиты животных, ветеринарии.

Таблица 2 – Динамика размера льготного тарифа в 2020-2022 гг., руб./куб.м. (без НДС)

Наименование категории потребителей	2020		2021		2022	
	01.01-30.06	01.07-31.12	01.01-30.06	01.07-31.12	01.01-30.06	01.07-31.12
Население и приравненные к нему категории потребителей (без НДС)	-	788,60	788,60 (+0,00%)	818,56 (+3,80%)	818,56 (+3,80%)	-
Субъекты малого и среднего предпринимательства, сведения о которых включены в единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства и которые зарегистрированы и осуществляют деятельность на территории РК (без НДС)	-	788,60	788,60 (+0,00%)	-	-	-
Государственные учреждения РК и муниципальные учреждения, осуществляющие виды деятельности в одной или нескольких сферах культуры, национальной политики, физической культуры, спорта, образования, здравоохранения, социальной защиты, занятости населения, средств массовой информации, охраны окружающей среды, защиты животных, ветеринарии (без НДС)	-	788,60	788,60 (+0,00%)	-	-	-

Для сравнения рассмотрим динамику средних значений единых тарифов в субъектах Северо-Западного федерального округа Российской Федерации (далее – СЗФО) в 2020-2022 гг.

Как следует из таблицы 3:

- среднее значение единого тарифа в 2022 г. по сравнению с 2020 г. снизилось в Псковской области (-1,05%);

- в Архангельской (+10,35%), Вологодской (+9,98%), Калининградской (+5,32%), Ленинградской (+5,20%), Мурманской (9,51%), Новгородской (14,42%) областях, в Республике Коми (5,365) наблюдается рост среднего значения единого тарифа в 2022 г. по сравнению с 2020 г. Наибольшее увеличение среднего значения единого тарифа наблюдается в Ненецком автономном округе (+162,18%), наименьшее – в Республике Карелия (0,24%);

- самый низкий уровень среднего значения единого тарифа сложился в Новгородской области, он составляет в 2022 г. 405,91 руб. за 1 куб.м (без НДС);

- наибольшее среднее значение единого тарифа наблюдается в Ненецком автономном округе, и составляет в 2022 г. 16365,58 руб. за 1 куб.м (без НДС).

Таблица 3 – Средние значения единых тарифов в субъектах СЗФО в 2020-2022 гг., руб./куб.м (без НДС).

Субъект СЗФО	2020	2021	2022	Прирост 2022/2020, %
Архангельская область	550,00	586,97	606,95	10,35
Вологодская область	445,06	493,02	489,46	9,98
Калининградская область	497,37	514,77	523,84	5,32
Ленинградская область	784,99	798,67	825,78	5,20
Мурманская область	856,97	905,09	938,45	9,51
Ненецкий автономный округ	6242,00	6119,86	16365,58	162,18
Новгородская область	354,76	386,71	405,91	14,42
Псковская область	641,18	647,51	634,44	-1,05
Республика Карелия	538,06	539,17	539,36	0,24
Республика Коми	796,15	825,61	838,82	5,36

Основными факторами, которые повлияли на рост тарифа за коммунальную услугу по обращению с ТКО в субъектах СЗФО, являются:

1. Различные единицы измерения учета показателей (объема (массы) ТКО, тарифа. Одни субъекты Российской Федерации ведут учет объема (массы) ТКО в тоннах, а тариф утверждают в объемных показателях (в кубических метрах). Другие, наоборот, ведут учет объема (массы) ТКО в кубических метрах, а тариф утверждают в тоннах.

2. Включение в соответствии с нормами действующего законодательства в тариф расходов на финансирование инвестиционных программ (далее – инвестиционная составляющая). Например, в большинстве случаев инвестиционная составляющая по строительству объектов размещения отходов (полигон, мусороперерабатывающий завод) включается в тариф до реализации инвестиционных проектов, а сроки реализации инвестиционных проектов, как правило, через несколько лет.

3. Увеличение расходов регионального оператора (расходов на энергетические ресурсы: дизельное топливо, бензин, расходов на оплату труда и социальные нужды).

4. Общеинфляционные процессы в экономике.

Для сдерживания дальнейшего роста тарифа на коммунальную услугу по обращению с ТКО целесообразно:

1. Введение системы весового контроля, т.е. перевод на единую единицу измерения как объема (массы) ТКО, так и тариф.

2. Усовершенствование законодательства и нормативно-правового обеспечения в области обращения с отходами в части отдельного сбора отходов и установления льготных тарифов на услугу регионального оператора при отдельном сборе отходов.

На сегодняшний день в России, в том числе в Республике Коми отдельный сбор отходов не закреплен законодательством как обязательный. В тоже время, в некоторых нормативно-правовых документах сказано, что заключение договоров на оказание услуг по обращению с ТКО исходя из фактически вывезенного региональным оператором объема отходов возможно только, если на контейнерной площадке организован отдельный сбор отходов.

3. Сокращение транспортных издержек регионального оператора путем повышения загруженности транспортных единиц, обновления техники (мусоровозов), строительства новых объектов обращения с отходами (утилизации, обезвреживания, захоронения).

4. Увеличение мер поддержки региональных операторов со стороны государства.

Библиографический список:

1. Приказ Комитета Республики Коми по тарифам от 18.12.2020 г. №16/6 «О льготных тарифах на услугу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми на 2021 год» // Правовая база Консультант-Плюс

2. Приказ Комитета Республики Коми по тарифам от 20 декабря 2021 №70/2 «О льготных тарифах на услугу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми на период регулирования с 1 января 2022 года по 30 июня 2022 года» // Правовая база Консультант-Плюс

3. Приказ Комитета Республики Коми по тарифам от 20 декабря 2021 №70/1 «Об установлении предельных единых тарифов на услугу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Республики Коми на 2022-2026 годы» // Правовая база Консультант-Плюс

4. Приказ Министерства энергетики, жилищно-коммунального хозяйства и тарифов Республики Коми от 19.06.2020 № 22/4-Т «О льготных тарифах на услугу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми на период регулирования с 1 июля 2020 года по 31 декабря 2020 года» // Правовая база Консультант-Плюс

5. Приказ Министерства энергетики, жилищно-коммунального хозяйства и тарифов Республики Коми от 20.12.2018 № 70/42-Т «Об установлении предельных единых тарифов на услугу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Республики Коми на 2019-2021 годы» // Правовая база Консультант-Плюс

УДК 332.145

Проект цифровой трансформации в бюджетной сфере

Комлина Е.Е.

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

Развитие цифровизации в России направлено на развитие банковского сектора, однако, существует потребность в развитии инноваций внутри государственных органов власти.

Основой цифровизации является построение экосистемы цифровой отрасли. Рассматривая экосистему цифровизации в рамках деятельности государственных органов можно предложить следующие подсистемы:

1. Техническая составляющая, в которую входит специальное программное обеспечение и системы, используемые в органах исполнительной власти, а также средства на которых установлены данные продукты.

2. Эксперты и специалисты (внутренние и внешние), непосредственно обеспечивающие процесс цифровизации в органах власти.

3. Потребители (органы исполнительной власти).

В связи с ускорением процессов цифровизации была разработана концепция проекта «Автоматизация процессов планирования бюджета по отраслям социальной сферы и науки в Министерстве финансов Республики Коми».

Одним из основных направлений деятельности Министерства финансов Республики Коми является планирование бюджетных ассигнований [1]. В планирование бюджетных ассигнований входит несколько трудовых функций, однако наиболее проблемной и трудозатратной является проверка и корректировка обоснования бюджетных ассигнований, представленных главными распорядителями средств республиканского бюджета Республики Коми. В связи с ростом направлений бюджета количество обоснований бюджетных ассигнований, подлежащих проверке, значительно растёт.

Актуальность проекта подчеркивается направлениями деятельности, поставленными в рамках национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» (направления федерального проекта «Цифровое государственное управление»), а именно задачи направленной на цифровизацию процессов предоставления государственных услуг и исполнения государственных функций государственными органами власти.

Цель проекта – повышение качества планирования бюджета в отраслях социальной

сферы и науки в Министерстве финансов Республики Коми.

Задачи:

- 1) Выявить процессы, возможные для автоматизации планирования бюджетных ассигнований;
- 2) Сформировать техническое задание для программного обеспечения;
- 3) Внедрение новых функций в программу.

Суть проекта – разработка и создание функции «Анализ обоснований бюджетных ассигнований» в программном обеспечении (проверка формы обоснований, соответствия № и наименования ОКПД, проверка наименований нормативно-правовых актов).

В список основных мероприятий входят этапы, представленные на Рисунке 1.

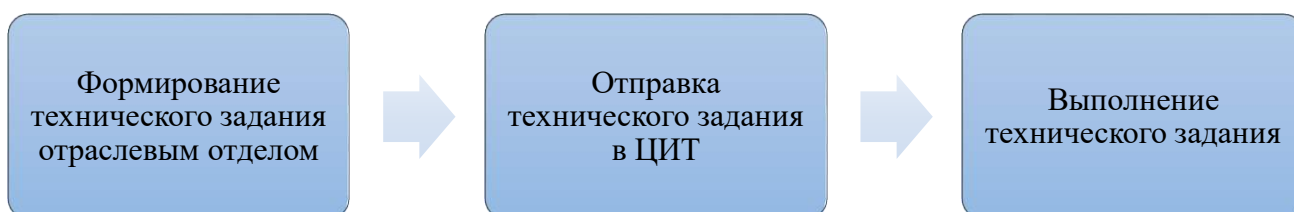


Рисунок 1 – Список основных мероприятий проекта

В связи со спецификой проекта технико-экономическое обоснование представляется в виде технического задания, основными пунктами которого являются:

- соответствие нормативных-правовых актов (подтягивается из базы «Консультант плюс»);
- соответствие предельных объемов бюджетных ассигнований (подтягивается из раздела «предельные объемы» данной программы).

Основными участниками выступают Министерство финансов Республики Коми (инициатор проекта); Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Республики Коми; Центр информационных технологий.

Период реализации проекта рассчитан на 4 месяца. Реализация проекта должна быть запланирована до периода планирования бюджетных ассигнований. Более подробно этапы раскрыты на Рисунке 2.

Наименование подзадачи	Месяц			
	февраль	март	апрель	май
1.1. Определение количества, квалификации участников	■			
1.2. Отбор участников	■			
1.3. Сбор команды, распределение обязанностей		■		
1.4. Формирование документации		■		
2.1. Формирование технического задания		■		
2.2. Создание новой функции в программном обеспечении		■	■	
3.1. Тестирование новой функции сотрудниками отдела бюджетной политики в социальной сфере и науке			■	
3.2. Выявление недостатков			■	
3.3. Обучение сотрудников других отделов				■
4.1. Проведение опроса среди сотрудников о работе новой функции				■
4.2. Формирование отчёта				■

Рисунок 2 – Этапы проекта

Основными ресурсами для реализации проекта выступают трудовые и технические ресурсы. Важную роль играет квалификация технических специалистов, реализующих данный проект.

Предполагается, что финансирование данного проекта будет происходить за счет бюджетных средств в рамках национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» (направление: федеральный проект «Цифровое государственное управление»).

Оценка бюджетной и социальной эффективности проекта:

- сокращение количества дней этапа планирования бюджета;
- повышение эффективности планирования бюджета.

Результаты и потенциал инноваций можно оценить с помощью опроса сотрудников, расчета затрачиваемого времени на проверку обоснований.

Экономический потенциал оценить проблемно, так как данная инновация создана для эффективности работы сотрудников внутри министерств и не предполагает последующую продажу.

В проекте основными рисками выступают организационные риски, финансово-экономические риски, технические риски, которые раскрываются в таблице 1.

Таблица 1 – Риски проекта

Блок работ	Трудовые ресурсы	Технические ресурсы	Материалы
Формирование команды проекта	Сотрудники органов исполнительной власти, центра информационных технологий	Компьютерная техника	Бумага, канцелярия
Разработка и создание функции «Анализ обоснований бюджетных ассигнований» в программе «Проект Смарт Про»	Сотрудники органов исполнительной власти, центра информационных технологий, ООО «Кейсистем»	Компьютерная техника	Специализированная компьютерная программа (ПО «Проект Смарт Про»)
Реализация мероприятий	Сотрудники органов исполнительной власти, центра информационных технологий	Компьютерная техника	Бумага, канцелярия, специализированная компьютерная программа (ПО «Проект Смарт Про»)
Подведение итогов	Сотрудники органов исполнительной власти, центра информационных технологий	Компьютерная техника	Бумага, канцелярия

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что необходимость построения концептуальной архитектуры экосистемы цифровых инноваций является перспективным направлением не только для коммерческого блока, но и для государственного управления финансами. Перспективы дальнейшей реализации представленного проекта видятся во внедрении данной функции в другие органы исполнительной власти на уровне региона.

Библиографический список:

1. Министерство финансов Республики Коми. URL: <https://minfin.rkomi.ru/> (дата обращения: 02.02.2022).

**Управление бизнес-процессами по повышению эффективности добычи нефти в ООО
«ЛУКОЙЛ-Коми»**

Стамбулова А.А., Красова А.А., Завьялов Д.Ю.

Научный руководитель - Павловская А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Устойчивое развитие нефтегазового комплекса предполагает сочетание экономического роста нефтегазовых компаний с обязательным решением технических, социальных и экологических проблем при постоянном совершенствовании корпоративного управления.

Поэтому актуальной проблемой национальной экономики является оценка эффективности работы предприятий нефтегазового комплекса в новых условиях хозяйствования, выявление новых тенденций его развития и резервов повышения эффективности производства.

Бесперебойная работа предприятий нефтегазового комплекса - один из ключевых факторов национальной экономической безопасности, динамичного развития внешнеэкономических связей России и интеграционных процессов в рамках Содружества независимых государств и всего мира.

В таблице 1 приведена динамика добычи нефти по нефтяным компаниям России.

Таблица 1 - Динамика добычи нефти в России за 2018-2020 годы, млн.т.

Компания	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	6
ПАО «Роснефть»	189,2	189,7	188,7	194,2	195,1	180,0,
ПАО «Сургутнефтегаз»	61,6	61,8	60,5	60,9	60,8	54,8
ПАО «ЛУКОЙЛ»	85,7	83,0	81,8	82,1	82,1	73,4
ПАО «Газпром нефть»	34,3	37,8	39,5	39,5	39,2	38,9
ПАО «Славнефть»	15,5	15,0	14,3	13,8	14,0	9,7
ПАО «Татнефть»	27,2	28,7	28,9	29,6	29,8	26,0
ПАО «РуссНефть»	7,4	7,0	7,0	7,1	7,1	6,4
ПАО «Башнефть»	19,9	21,4	20,6	18,9	18,7	12,9
Другие:	93,2	103,1	105,5	109,8	114,4	110,6
Всего:	534,0	547,5	546,8	555,9	561,2	512,7

Добыча нефти в России в 2020 году составила 512,7 млн.т., что ниже рекордного показателя 2019 года в России на 9%. Добыча нефти за рассматриваемый период уменьшилась с 534млн.т. в 2018 г. до 512,7 млн.т. в 2020 г., т. е. на 4,0 %.

Лидером по объемам добычи нефти остается компания «Роснефть», объем добычи которой в 2020 году составил 180 млн.т., в ПАО «ЛУКОЙЛ» 73,4 млн.т., в ПАО «Сургутнефтегаз» - 54,8 млн.т., в ПАО «Газпром нефть» - 38,92 млн.т.

В 2020 году небольшое снижение объёмов добычи нефти произошло во всех ПАО в связи с пандемией, снижением мировых цен на нефть и соглашением стран ОПЕК+ об ограничении добычи нефти. Увеличение добычи нефти за 6 лет произошло только в ПАО «Газпромнефть».

Структура добычи нефти по российским нефтяным компаниям представлена в таблице 2.

Наибольший удельный вес в структуре добычи нефти занимает компания ПАО «Роснефть»: удельный вес в 2018 году - 35,4 %, а в 2020 году - 35,1 %. За последние 2 года произошло увеличение удельного веса добычи нефти по этой компании на 0,3 %. На втором месте по объёмам добычи нефти ПАО «ЛУКОЙЛ» - 14,3 %, на третьем ПАО «Сургутнефтегаз» - 11 % и на четвёртом месте ПАО «Газпромнефть» - 7,6 %.

Таблица 2 - Структура добычи нефти по российским нефтяным компаниям, %

Компания	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7
ПАО «Роснефть»	35,4	34,6	34,5	34,9	34,8	35,1
ПАО «Сургутнефтегаз»	11,5	11,3	11,1	11,0	10,9	10,7
ПАО «ЛУКОЙЛ»	16,0	15,2	15,0	14,8	14,6	14,3
ПАО «Газпром нефть»	6,4	6,9	7,2	7,1	7,0	7,6
ПАО «Славнефть»	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	1,9
ПАО «Татнефть»	5,1	5,2	5,3	5,3	5,3	5,1
ПАО «РуссНефть»	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
ПАО «Башнефть»	3,7	3,9	3,8	3,4	3,3	2,5
Другие	17,5	18,8	19,3	19,8	20,4	21,5
Всего	100	100	100	100	100	100

На Западно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию приходится 58,5 % всей добычи нефти, на Волго-Уральскую НГП - 22,8 %, на Восточно-Сибирскую НГП - 8,5 %, на Тимано-Печорскую НГП - 5,6 %.

В республике Коми добыча нефти в 2018 г. составляла 14,4 млн. т, в 2019 г.- 14,5 млн.т., в 2020 году- 12,8 млн.т., т. е уменьшилась по сравнению с предыдущим годом на 8,8%.

Представителем крупнейшей компании ПАО «Лукойл» в Республике Коми является ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». ЛУКОЙЛ-Коми - крупнейший недропользователь Северо-Западного федерального округа России. Предприятие зарегистрировано в 2001 году, является 100% дочерним обществом ПАО «ЛУКОЙЛ».

Организация работает в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и занимается геологическим изучением, разведкой, поиском и добычей углеводородного сырья, реализацией нефти, газа, продукции газопереработки, а также транспортировкой нефти и газа. По добыче ЛУКОЙЛ-Коми занимает 2 место среди дочерних обществ ПАО «ЛУКОЙЛ». Общая численность сотрудников - 7214 человек, годовой объём добычи нефти за рассматриваемый период варьирует от 14 до 17 млн.т. На ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» приходится 80-83% добычи нефти в Республике.

Таблица 3 - Динамика финансовых результатов ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» за 2016 - 2020гг.

	2016	2017	2018	2019	2020
Выручка	285 531 017	327 021 018	466 363 714	442 375 554	260 566 250
Себестоимость продаж	173 562 433	209 085 960	265 179 586	269 310 833	196 201 195
Коммерческие расходы	76 579 205	86 380 342	129 119 749	93 371 039	52 717 937
Управленческие расходы	4 343 228	5 375 326	4 819 416	4 822 231	5 119 586
Себестоимость реализованной продукции	254 484 866	300 841 628	399 118 751	367 504 103	254 038 718
Прибыль от продаж	31 046 151	26 179 390	67 244 963	74 871 451	6 527 532
Чистая прибыль	17 179 409	34 264 538	49 175 873	43 944 724	-10 820 336

В период с 2016 г. по 2019 г. происходило увеличение прибыли от продаж, однако в 2020 г. этот показатель уменьшился в 11,5 раз из-за превышения темпа роста затрат над темпами роста выручки от продаж. В 2020 году организация получила выручку в сумме 260 млрд.руб., что на 182 млрд.руб. меньше, чем годом ранее, т. е. уменьшилась на 41,1%, а затраты снизились на 30,8%.

Таблица 4 - Оценка эффективности производственно-хозяйственной деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» за 2016 - 2020 гг.

Год	Рентабельность продаж, %	Рентабельность реализованной продукции, %	Рентабельность продукции, %	Рентабельность производственной деятельности, %
2016	10,9	6,1	12,2	6,8
2017	8,1	10,5	8,7	11,4
2018	14,4	10,6	16,8	12,3
2019	16,9	9,9	20,4	11,9
2020	2,5	4,2	2,6	4,3

Все показатели рентабельности в 2019 году увеличились по сравнению с 2016 годом. В 2020 году происходит заметное снижение показателей рентабельности. Рентабельность продаж уменьшилась в 8 раз, рентабельность реализованной продукции уменьшилась в 2 раза, что свидетельствует о снижении эффективности добычи нефти в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» в 2020 году.

Бизнес-процесс - это устойчивая, целенаправленная совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которая преобразует «входы» в «выходы», представляющие ценность для конечного потребителя.

Анализ производственно-хозяйственной деятельности нефтяных компаний и ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» позволил выявить следующие бизнес-процессы повышения эффективности их производственно-хозяйственной деятельности:

- 1) рациональная разработка нефтяных и газовых месторождений;
- 2) внедрение новой техники и технологий добычи нефти;
- 3) повышение эффективности использования основных производственных фондов;
- 4) повышение эффективности использования трудовых ресурсов;
- 5) разработка и внедрение программ геолого-технических мероприятий (ГТМ): соляно-кислотная или пеноспиртокислотная обработка призабойной зоны скважин; гидроразрыв пласта; забуривание боковых стволов; методы термического воздействия на пласты.

Среди современных методов большую роль играет бурение боковых стволов скважины. Их использование позволяет решить большой спектр проблем с добычей нефти из труднодоступных пластов, текущим и капитальным ремонтом скважин. Цена таких работ намного ниже, чем затраты на создание новой наклонно-направленной скважины. Согласно расчётам, строительство 150 боковых стволов позволяет получить более полумиллиона тонн полезных веществ уже спустя 3 года после начала их работы.

Бурение боковых стволов скважин позволяет повысить добычу нефти на залежах с давней историей разработки и продолжить эксплуатацию скважин, не поддающихся восстановлению иными способами.

Ежегодно на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» проводится бурение бокового ствола в среднем на 11 скважинах. Капитальные вложения составляют по расчётам от 60 до 90 млн.руб.

В таблице 5 представлены результаты оценки коммерческой эффективности бурения бокового ствола на скважине № 20/1 на Турчаниновском месторождении: чистый дисконтированный доход (ЧДД) составил 97 268,1 тыс.руб., индекс доходности (ИД) - 2,59 руб./руб., внутренняя норма доходности (ВНД) 40%, срок окупаемости данного мероприятия по скважине 3 года.

Таблица 5 - Результаты оценки коммерческой эффективности бурения бокового ствола на скважине 20/1 Турчаниновского месторождения

Показатели	Значение
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.	97 268,1
Индекс доходности, руб/руб.	2,59
Внутренняя норма доходности (ВНД), %	40
Срок окупаемости, год	3,0

Экономическая эффективность существующих технологий по интенсификации добычи нефти оценивается по следующим показателям: прирост добычи нефти по скважине, выручка от продаж, затраты на дополнительную добычу нефти, затраты на проведение мероприятия и изменяющиеся эксплуатационные затраты.

Результаты расчета экономической эффективности реперфорации, дострелов и приобщения пластов в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты расчета экономической эффективности реперфорации, дострелов и приобщения пластов в ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»

Наименование ТПП	Количество скважин, шт.	Прирост добычи, т.	Прибыль, тыс.руб.	Чистая прибыль, тыс.руб.
ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз»	60	149 685	727 348,1	581 878,5
ТПП «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтегаз»	49	65 722	284 285,8	227 428,7
ТПП «ЛУКОЙЛ-Севернефтегаз»	15	42 419	209 225,6	167 380,5
Итого по месторождениям ООО «ЛУКОЙЛ-Коми»	124	257 826	1 220 859,5	976 687,6

В целом от проведения этих мероприятий на 60 скважинах ТПП «Лукойл-Усинскнефтегаз», на 49 скважинах ТПП «Лукойл-Ухтанефтегаз» и 15 скважинах ТПП «Лукойл-Севернефтегаз» предприятие получит прибыль в сумме 1,2 млрд.руб., чистую прибыль в сумме 977 млн.руб., а в расчёте на одну скважину чистая прибыль составит 7876,5 тыс.руб.

Библиографический список:

- <https://komi.lukoil.ru/ru/>
- https://www.audit-it.ru/buh_otchet/1106014140_ooo-lukoil-kom

УДК 336.761.6

Некоторые вопросы увеличения пенсионных накоплений

Набиева Е.М.

Научный руководитель – Каюков В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В том или ином возрасте люди понимают, что не смогут работать после 60 лет. Есть люди которые не планируют уповать только на дотации от государства и смотрят на иные финансовые возможности, включая вложения в бизнес проекты или инвестирование в акции.

Каждый из вариантов работает по-разному:

Может показаться, что банковский вклад — это тоже выгодная инвестиция, но на самом деле деньги постоянно теряют покупательную способность из-за инфляции. По данным сайта [statista.com](https://www.statista.com), в среднем по миру на одну и ту же сумму каждый год можно купить на 3–3,5% меньше, чем в прошлом году. Если доходность банковского депозита не перекрывает

инфляцию, то инвестор не зарабатывает, а теряет деньги.

Обогнать инфляцию поможет фондовый рынок, но доходность от инвестиций можно только спрогнозировать, опираясь на исторические данные.

Например, начиная с 1990 года инвестиции в крупнейшие американские компании, которые входят в индекс S&P 500, в среднем приносят по 11,71% годовых в долларах — несмотря на кризисы и пандемию. За тот же период ставки по долларовым депозитам не превышали и половины от этой суммы, а в 2021 году российские банки редко предлагают больше 1% годовых.

Таблица 1 – Виды вложений и доход в процентах годовых

Хранить деньги в сейфе	Открыть депозит в банке	Инвестировать на бирже
0% годовых	2–8% годовых	потенциальная доходность до 10–12% годовых



Рисунок 1 – График доходности индекса S&P 500 с 1990 года

Далее мы будем рассматривать накопление негосударственной пенсии при помощи инвестирование на бирже, так как согласно табл.1 это наиболее выгодный вид вложений.

Для начала рассмотрим возможные варианты инвестиций, они представлены на рис. 2.

Мы будем использовать финансовые портфельные частные долгосрочные инвестиции.

Так как портфельное инвестирование позволяет планировать, оценивать, контролировать конечные результаты всей инвестиционной деятельности в различных секторах фондового рынка, а личный брокерский счет можно четко контролировать и исключить вероятность обмана.

Как правило, портфель представляет собой определенный набор из корпоративных акций, облигаций с различной степенью обеспечения и риска, а также бумаг с фиксированным доходом, гарантированным государством, то есть с минимальным риском потерь по основной сумме и текущим поступлениям.

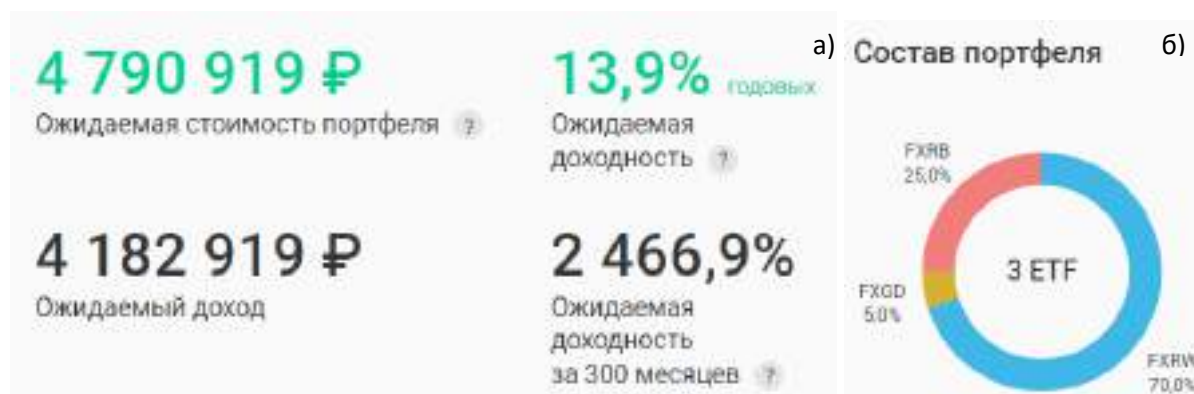
Основная задача портфельного инвестирования — улучшить условия инвестирования, придав совокупности ценных бумаг такие инвестиционные характеристики, которые недостижимы с позиции отдельно взятой ценной бумаги, и возможны только при их комбинации.



Рисунок 2 – Виды инвестиций на бирже

Только в процессе формирования портфеля достигается новое инвестиционное качество с заданными характеристиками. Таким образом, портфель ценных бумаг является тем инструментом, с помощью которого инвестору обеспечивается требуемая устойчивость дохода при минимальном риске.

Соберем портфель из наиболее популярных акций в разных отраслях промышленности. Для этого существует множество различных сервисов, но мы воспользуемся FinEx. Посмотрим сколько потенциально мы сможем накопить к 55 годам, если начнем откладывать с 30 лет по 2000 рублей в месяц на брокерский счет. Результаты представлены на рис.3.



а) результат инвестирование б) состав портфеля

Рисунок 3 – результаты по расчетам FinEx

Рассмотрим подробнее состав портфеля, 70% накоплений нам предлагают вложить в FXRW (Акции глобального рынка с рублевым хеджем) в них входят акции таких компаний как TENCENT ORD, Apple, Alphabet и др., 25% вложить в FXRB (Еврооблигации российских эмитентов с рублевым хеджем) туда входят корпоративные еврооблигаций Газпром, РЖД, Сбербанк, ВТБ, Лукойл и еще более 20 российских корпорации, и 5% вложить в золото. Для более подробного подбора индивидуального портфеля можно обратиться к различным компаниям, либо к бесплатным сервисам.

Теперь проверим сколько составит наша пенсия в год по теории четырех процентов Уильяма Бенгена. Она гласит, что вы должны снимать 4% своего портфеля каждый год на пенсию для комфортной жизни, т.е. это максимальный безопасный ежегодный процент снятия

средств из портфеля.

Для начала рассчитаем эквивалент накоплений в 2047 году на сегодняшний день с учетом инфляции 3% в год и налогового вычета, результаты на рис. 5.

Итоговая сумма	Итоговая сумма за вычетом налога	Через 25 лет будет восприниматься как сегодня
4 605 736 Р	4 537 150 Р	2 166 968 Р

Рисунок 5 – эквивалент накоплений с учетом инфляции

Но по инвестсчету можно получить налоговый вычет. Существует два вида вычетов. Первый — 13% от суммы взноса, но не более 52 000 рублей в год. Второй вид вычета — освобождение от налога на прибыль. Для длительных инвестиций, к которым относятся накопления на пенсию, лучше выбрать второй тип. Тогда эквивалент накоплений составит рис. 6.

Итоговая сумма	Итоговая сумма за вычетом налога	Через 25 лет будет восприниматься как сегодня
5 928 743 Р	5 928 743 Р	2 831 601 Р

Рисунок 6 – эквивалент накоплений с учетом инфляции и налогового вычета

Для расчёта по правилу 4% используем калькулятор вывода средств на пенсию. Вбиваем все вводные данные в калькулятор, в нашем случае — 70% акций и 30% облигаций. Цель — в течение 30 лет оставаться с капиталом выше нуля. Для расчета нам понадобится перевести рубли в доллары учитывая сегодняшний курс накопления составят 36.695\$ рис. 7.

Ваш Пенсионный План

Продолжительность выхода на пенсию	30	
Сбережения при выходе на пенсию	36695	
Сумма Вывода	1467,8	
<i>Или введите процент вывода средств в следующем поле.</i>		
Вывод Процентов	4	
Цель	<input checked="" type="radio"/> Оставайтесь Выше Нуля	

Рисунок 7 – Вводные данные

Калькулятор воспроизводит 94 симуляции на историческом отрезке с 1928 по 2021 год. Расчет выполнен с учетом дальнейшей инфляции рис. 8.

Одна из симуляций на 30-й год пенсии показала отрицательный результат:

-7432\$. Это произошло бы в 1966 году. Зато тот человек, чей срок пенсии подошел к концу в 1975 году, накопил бы максимальный капитал — около 600 тыс. долларов.

Диаграмма всех 94 симуляций

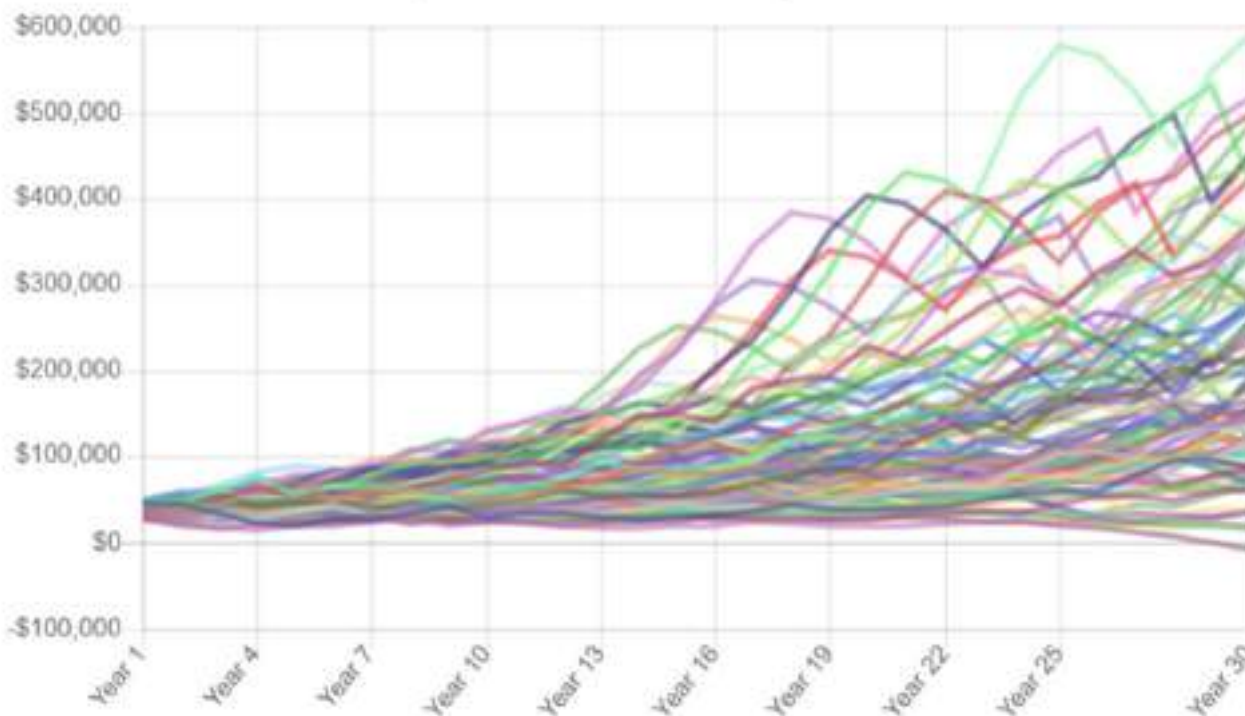


Рисунок 8 – Распределение результатов 94 симуляций по размеру итогового капитала после 30 лет.

Выводы:

1) Если придерживаться рекомендаций по вкладу, то по нашим расчетам в 2047 году можно обеспечить дополнительный пенсионный доход 1400\$ в год, или 9000 рублей в месяц, при увеличении вложений или срока вложений доход также увеличится.

2) При адекватной ставке и наличии акций в портфеле в итоге пенсионер заработает гораздо больший капитал, чем на момент выхода на пенсию. Это отличный вариант, если человек планирует передать свои деньги наследникам или завещать на благотворительность.

3) Инфляция затрудняет положение дел: с каждым годом она будет увеличивать вашу реальную ставку изъятия. За 30 лет валюта может ослабеть в два раза — выводимые суммы увеличатся на ту же величину.

4) Рассчитав итоговый капитал для выхода на пенсию, нужно не забыть скорректировать его с учетом размера инфляции в оставшийся до пенсии срок.

Библиографический список:

1. Алексей Рухлов. Принципы портфельного инвестирования. - Финансы. Ценные бумаги. - 1997
2. Индекс S&P 500 (SPX) [Электронный ресурс]. - <https://ru.investing.com/indices/us-spx-500> (10.02.2022).
3. Финансовый консультант онлайн: калькулятор инвестиций [Электронный ресурс]. - https://finex-etf.ru/calc/robo/age_w_money (12.02.2022).
4. William P. Bengen. DETERMINING WITHDRAWALRATES USING HISTORICAL DATA (1994 г.)
5. Богатство Мета: [Электронный ресурс]. - <https://www.wealthmeta.com/calculator/retirement-withdrawal-calculator> (20.02.22).
6. Каюков В.В., Шихвердкев А.П. Институциональная характеристика экономической безопасности региона //Экономика региона. – 2018 – №4. – с.

Оценка геолого-экономической эффективности разработки программы доразведки Кыртаельского месторождения

Попова Е.К.

Научный руководитель - Пармузин П.Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Главная цель оценки геолого-экономической эффективности – определение целесообразности вложения капитала для дальнейшего освоения объекта и определения экономической значимости месторождения как источника минерального сырья [1,2].

Прирост запасов является главным показателем производственной программы геолого-разведочного предприятия.

Подготовка запасов является стадийным процессом, включающим следующие этапы.

Региональный этап представляет комплекс работ в осадочном бассейне в целом, в нефтегазоносном районе или в пределах небольшой части района, который позволяет выбирать участки, районы, бассейны для начального вложения средств по восполнению ресурсной базы, для подготовки к поисковым работам. На стадии *прогнозирования нефтегазоносности* объектом исследования являются осадочные бассейны и их части, на этой стадии осуществляется изучение всего региона и делается общий прогноз нефтегазоносности: дается оценка зон нефтегазонакопления, проводится качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности, осуществляется прогноз нефтегазоносности и качественная оценка ресурсов по категории D_2 и частично D_1 . На *стадии оценки зон нефтегазонакопления* проводится количественная оценка перспектив нефтегазоносности (ресурсы по категории D_1 и частично D_2).

Поисковый этап состоит из двух стадий: поиск месторождений (залежей) в подготовленных ловушках и оценку открытых месторождений (залежей). На стадии *поиска месторождений (залежей)* проводится оценка запасов открытых залежей (по категориям C_2 и частично C_1). На *стадии оценки открытых месторождений (залежей)* проводится подсчет запасов месторождений (залежей) – категории C_2 и C_1 , разделение месторождений (залежей) на промышленные и непромышленные [2].

Разведочный этап. На разведочном этапе решается общая задача подготовки промышленных месторождений (залежей) к разработке. Производятся определение, геометризация и оценка достоверности значений геолого-промысловых и подсчетных параметров с целью подготовки исходных данных для составления технологической схемы разработки месторождения нефти и проекта опытно-промышленной разработки месторождения **газа**. Разведочный этап завершается подсчетом запасов нефти и газа по категориям C_1 и частично C_2 и оценкой экономической эффективности проведенных работ.

Оценка геолого-экономической эффективности производится на основе показателей, характеризующих результаты ГРП: количество проектируемых скважин; ожидаемый прирост запасов категорий C_3 , т; объем поисково-разведочного бурения, м; затраты на геологоразведочные работы, млн. руб.

Прирост запасов берется по всем проектируемым поисково-разведочным скважинам.

Объем бурения представляет суммарный метраж всех проектируемых поисково-разведочных скважин.

Затраты на работы (Z) включают: затраты на подготовку структур к бурению ($Z_{п}$), затраты на научно-исследовательские работы по составлению программы ГРП ($Z_{нир}$), затраты на строительство скважин (C):

$$Z = Z_{п} + Z_{нир} + C. \quad (1)$$

Затраты на подготовку структуры к поисковому бурению (затраты на полевые геофизические работы) необходимо выписать в геологических фондах из отчета о подготовке структуры или рассчитать, умножив площадь структуры ($S_{п}$) на стоимость подготовки 1 км^2 структуры ($C_{п}$):

$$Z_{п} = S_{п} \times C_{п}. \quad (2)$$

Площадь структуры определяется по последней замкнутой изогипсе.

Стоимость строительства скважин определяется по одному из трех вышеприведенных способов.

Исходя из общих показателей поисково-разведочных работ, рассчитываются удельные показатели геолого-экономической эффективности: прирост запасов на 1 м проходки, т/м; прирост запасов на 1 скважину, т/скв.; прирост запасов на 1 тысячу рублей затрат, т/тыс. руб.; затраты на подготовку 1 тонны запасов, руб./т;

Прирост запасов на один метр проходки (Пз.м.) определяется делением величины прироста запасов (Qз) на объем поискового бурения в метрах (Qм):

$$\text{Пз.м.} = Qз/Qм. \quad (3)$$

Прирост запасов на одну скважину (Пз.скв.) определяется делением величины прироста запасов (Qз) на количество проектируемых скважин (n):

$$\text{Пз.скв.} = Qз/n. \quad (4)$$

Прирост запасов на тысячу рублей затрат (Пз.1000руб.) определяется делением величины прироста запасов (Qз) на стоимость поисковых работ (З):

$$\text{Пз.1000руб} = Qз/З. \quad (5)$$

Затраты на подготовку одну тонны (или 1000 м³) прироста запасов (Спз) определяется делением суммарных затрат на поисковые работы в тысячах рублях (З) на величину прироста запасов в тоннах (Qз):

$$\text{Спз} = З/Qз. \quad (6)$$

Стоимость одного метра строительства скважин (См) определяется делением суммы затрат на поисковое бурение на объем проходки (Qм):

$$\text{См} = С/Qм. \quad (7)$$

Сводный сметный расчет стоимости НИР представляет собой сумму основных и накладных расходов, компенсационных затрат и сметной прибыли:

$$\text{С} = \text{З}_о + \text{З}_н + \text{Пс} + \text{Кз} \quad (8)$$

В состав основных расходов включаются следующие статьи расходов: заработная плата основная и дополнительная; отчисления на социальные нужды; материальные затраты; амортизационные отчисления и прочие основные расходы.

Основная заработная плата (ЗПосн) определяется исходя из окладов работников, проработанного времени, с учетом районного коэффициента и северной надбавки.

$$\text{ЗПосн} = (1 + \text{Кр} + \text{Кс}) \times (1 + \text{Кпр}) \times \sum_{i=1}^n (\text{Зт}_i \times \text{Ч}_i \times \text{Т}_i), \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата принимается в размере утвержденного процента к основной заработной плате (8-20%).

Отчисления на социальные нужды предусматриваются по действующим нормативам страховых взносов и страхового тарифа от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Материальные затраты определяются нормативным методом расчета или по утвержденному нормативу от заработной платы.

При нормативном методе расчета применяются соответствующие нормы расхода и цены применяемых материалов.

$$\text{З}_м = \sum_{i=1}^n (Q \times \text{Нр}_i \times \text{Ц}_i), \quad (10)$$

Амортизационные отчисления определяются исходя из стоимости оборудования,

используемого при проведении научных исследований и годовой нормы амортизационных отчислений по формуле:

$$\text{Зам} = \sum_{i=1}^n \left(\text{Coi} \times \text{Noi} \times \text{Hai} \times \frac{\text{ni}}{12} \right), \quad (11)$$

Накладные расходы применяются в расчетах в процентах к общей сумме основных расходов (20-30%).

Сметная прибыль определяется умножением утвержденного норматива прибыли в процентах к себестоимости.

$$\text{Пс} = (\text{Зо} + \text{Зн}) \times \text{Нпс}, \quad (12)$$

Себестоимость определяется суммой основных и накладных расходов по формуле:

$$\text{Сб} = \text{Зо} + \text{Зн}. \quad (13)$$

Для выполнения работы установлен срок 3 месяца.

Задействованы следующие специалисты:

- заведующий отделом с окладом 30 000,0 рублей;
- ведущий научный сотрудник (геолог) – 27 000,0 рублей;
- ведущий научный сотрудник (геофизик) – 27 000,0 рублей;
- научный сотрудник (геофизик) – 25 000,0 рублей;
- научный сотрудник (геолог) – 25 000,0 рублей;
- инженер-техник – 20 000,0 рублей.

К заработной плате применяется:

- районный коэффициент – 30,0 %.
- северные надбавки – 50,0 %.

Премии не предусмотрены.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость единицы оборудования, руб.	Норма амортизации, %	Кол-во месяцев
МФУ лазерное Kyocera	1	47 000	20	3
Ноутбук HP 15	5	25 000	20	3
Широкоформатный принтер HP DesignJet	1	103 000	20	3

Для расчета приняты следующие нормативы:

Дополнительная заработная плата – 7,9 % от основной заработной платы; отчисления на социальные нужды – 30,2 % от суммы основной и дополнительной заработной платы; затраты на материалы – 5,0 % от основной заработной платы; накладные расходы – 20,0 % от основных расходов; сметная прибыль – 14,0 % от основных и накладных расходов

Площадь проведенных работ сейсморазведочных работ – 28,5 км².

Стоимость одного км² 3D сейсморазведки 2000000 руб.

Глубина скважины 1-Кыртаельская составляет 2900 м.

Стоимость бурения 1 метра – 190 тыс. руб.

Прирост запасов нефти категорий С1, С2 – 20,58 млн. тонн.

Основная заработная плата составила:

$$\text{ЗПосн} = (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (30000 \times 1 \times 3) + (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (27000 \times 1 \times 3) + (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (27000 \times 1 \times 3) + (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (25000 \times 1 \times 3) + (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (25000 \times 1 \times 3) + (1 + 0,3 + 0,5) \times (1 + 0) \times (20000 \times 1 \times 3) = 831\,600,0 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,079 \times 831\,600,0 = 65\,696,4 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$\text{ФЗП} = 831\,600,0 + 65\,696,4 = 897\,296,4 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{со}} = 0,302 \times (831\,600,0 + 65\,696,4) = 270\,983,5 \text{ руб.}$$

Материальные затраты:

$$З_{\text{м}} = 0,05 \times 831\,600,0 = 41\,580,0 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$З_{\text{ам}} = (47\,000,0 \times 1,0 \times 0,2 \times (3/12)) + (25\,000,0 \times 5,0 \times 0,2 \times (3/12)) + (103\,000,0 \times 1,0 \times 0,2 \times (3/12)) = 2\,350,0 + 6\,250,0 + 5\,150,0 = 13\,750,0 \text{ руб.}$$

Накладные расходы:

$$З_{\text{н}} = 0,2 \times 1\,223\,609,9 = 244\,721,98 \text{ руб.}$$

Сметная прибыль:

$$П_{\text{с}} = (1\,223\,609,9 + 244\,721,98) \times 0,14 = 205\,566,463 \text{ руб.}$$

Компенсационные затраты равны нулю.

Общая сметная стоимость НИР составила:

$$З_{\text{нир}} = 1\,223\,609,9 + 244\,721,98 + 205\,566,463 = 1\,673\,898,34 \text{ руб.}$$

Стоимость строительства скважины:

$$С = 2900 \times 1 \times 190\,000 = 551 \text{ млн. руб.}$$

$$З_{\text{п}} = 28,5 \times 2\,000\,000 = 57 \text{ млн. руб.}$$

Затраты на работу по подсчету запасов составили:

$$З_{\text{грр}} = 57\,000\,000 + 551\,000\,000 + 1\,673\,898,34 = 609\,673\,898 \text{ млн. руб.}$$

Прирост запасов на тысячу рублей затрат:

$$П_{\text{зн}} = 20\,580\,000 / 609\,673\,898 = 33,7 \text{ тонн/тыс. руб.}$$

Затраты на подготовку одного прироста запасов:

$$С_{\text{т}} = 609\,673\,898 / 20\,580\,000 = 29,6 \text{ руб./тонн.}$$

Геолого-экономическая эффективность работ составила: прирост запасов на 1000 рублей затрат – 33,7 тонн /тыс. руб., затраты на подготовку 1 тонны прироста запасов – 29,6 руб./ тонн.

Библиографический список:

1. Дунаев В.Ф. Экономика предприятий (организаций) нефтяной и газовой промышленности. — М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2015. 330 с.
2. Павловская А. В. Производственный менеджмент геолого-разведочных работ : Учебное пособие / А.В. Павловская, Т.В. Абрамичева, П.Н. Пармузин. - Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2018. - 247 с.
3. Фатхудинов Р. А. Производственный менеджмент : Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим специальностям и направлениям / Раис Ахметович Фатхудинов. - 6-е изд. - Москва ; Санкт-Петербург ; Нижний Новгород ; Воронеж ; Ростов-на-Дону ; Екатеринбург ; Самара ; Новосибирск ; Киев ; Харьков ; Минск : Питер, 2008. - 496 с.

Сравнительный анализ классической политэкономии и кейнсианства в контексте текущей экономической ситуации

Сафонкин А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На данный момент Россия находится в специфической экономически-политической ситуации. Под воздействием, расхождения политических интересов глав различных государств мировая экономика начинает претерпевать некоторые изменения. Средствами экономических изменений служат методы характеризующиеся наложением определённых запретов – санкций, в различных областях человеческой деятельности.

Этот процесс, в достаточно значимой степени, влияет непосредственно на экономическую сферу России. В контексте обстоятельств, значительную роль играет государственное управление экономикой страны. Сложившаяся ситуация является объектом исследования, связанного с определением роли государства в функционирование экономики страны.

Нам потребуется обратиться к основам теорий экономических течений 17-20-х веков, таких как - «Классическая политическая экономия» (Далее - классическая политэкономия) и «Кейнсианство», чтобы ответить на вопрос «Какая экономическая теория, классическая политэкономия или кейнсианство, наиболее эффективна в текущей экономической ситуации?».

Классическая политэкономия – школа в экономической науке, созданная английскими и французскими экономистами. Родоначальником этого направления в экономике является Адам Смит. Своё распространение она получила в Англии и ряде других стран Европы во второй половине 17 – первой половине 19 веков. Её появление связано с развитием промышленного капитализма в экономике того времени и утверждением буржуазии, как экономически господствующего класса.

Центральный представитель классической политэкономии Адам Смит считал, экономическое развитие общества и повышение его благосостояния главной проблемой и предметом изучения в экономической науке. Идеальным механизмом регулирования экономики считал рынок, который не требует вмешательства государства. А главным условием роста производительности видел разделение труда, которое напрямую зависит от размеров рынка.

А эгоизм, присущий рыночной, капиталистической экономике, в достижении удовлетворения своих интересов, способствует общему благосостоянию, поскольку в условиях рынка, только за счёт удовлетворения чужих потребностей достигаются собственные интересы. Роль государства видел только в обеспечении безопасности, развития образования и правового порядка. [1].

Классическая политэкономия положила начало представлению о том, что производство, обмен, распределение и потребление являются процессом кругооборота, важной частью которого является свободная конкуренция. А также разделили общество на классы по экономическим признакам.

Кейнсианство – лидирующая система экономических взглядов в Европе 20 века. Родоначальник данного направления английский экономист Джон Мейнард Кейнс. Он первым обосновал необходимость государственного вмешательства в экономику, так как считал её не стабильной без него. Показал, что после спада экономики её подъёму лучше всего способствует политика государства – полной занятости. Концепция Кейнса о государственном долгосрочном регулировании денежного рынка через изменение ставки процента, широко применяется в экономиках 21 века. Кейнс в концепции мультипликатора выявил количественные взаимосвязи между инвестициями, потреблением и национальным доходом. Где инвестиции, способствуют росту производства, а рост производства, в своё очередь, ведёт к увеличению дохода и сбережений. [2].

Основой кейнсианства является модель, при которой главным элементом развития экономики, служит система государственного финансирования. Одним из средств развития платёжеспособного спроса, а также поддержания занятости, считалась политика повышения номинальной заработной платы. Сам Кейнс говорил, что спрос порождает экономическую

активность. А когда в экономике происходят сбои, появляются проблемы, то государство должно помогать ей, справиться с этими проблемами, за счёт налоговых и монетарных стимулов. Так же считал, что дефицит, может быть, полезен для стимуляции экономики.

Таким образом, основным средством экономического развития классическая политэкономия считала свободный, саморегулирующийся рынок, со всеми вытекающими факторами: свободной конкуренцией и невмешательством государства, кейнсианство же, напротив, выделяло необходимость государственного регулирования рынка для поддержания его жизнедеятельности.

Рассматривая, данные экономические теории в контексте нынешней экономической ситуации в стране следует отметить, что данный период экономических запретов и издержек, определяет ситуацию как предкризисную. Поэтому, мы будем рассматривать их, для выявления наиболее оптимальной для поддержания экономики, непосредственно в кризисной ситуации.

Кризис – состояние, при котором существующие средства достижения целей становятся неадекватными, в результате чего возникают непредсказуемые ситуации. [3]. Экономический кризис – резкий и значительный сбой в экономике.

Кризисы рыночной экономики носят циклический характер. Они составляют часть экономического цикла, выраженного в экономических спадах (рецессия, депрессия) и экономическом подъёме. В нашем случае нас интересует рецессия, то есть некритическое замедление экономического роста и производства, так, как различные иностранные компании уходят с нашего рынка производство в разы уменьшается. Это же, может быть, катализатором к росту безработицы. Так же, произошло снижение курса рубля по отношению к курсу таких валют, как евро и доллар (девальвация). При этом цена на товары в соответствии со спросом на них растёт (инфляция). Растёт и ключевая ставка.

Отвечая на вопрос, «Какими средствами, возможно, преодолеть или нивелировать экономическую рецессию?» мы также получаем ответ на вопрос: «Какая экономическая теория, классическая политэкономия или кейнсианство, наиболее эффективна в текущей экономической ситуации?»

В поисках ответа на этот вопрос обратимся к истории, чтобы проследить, как преодолевались экономические спады ранее. В истории есть немало примеров экономических кризисов, возьмём, к примеру, недавний кризис 2020 года связанный с распространением коронавирусной инфекции. Этот внешний фактор, прямым образом, повлиял на экономику мира, в том числе, и нашей страны. Жёсткие ограничительные меры, в первую очередь направленные на передвижения граждан и посещение мест массовых скопления людей, привели к падению потребительского спроса на товары и услуги связанные с этими ограничениями. Что повлекло к обрушению экономики в целом. Не только малый и средний бизнес, но и крупные компании начали получать в разы меньше прибыли, что приводило к их полной или частичной недееспособности и застою производства, недееспособность этих компаний приводила к росту безработицы. И чтобы, не допустить дальнейшего падение экономики урегулированием рынка занялось государство.

Таким образом, в периоды экономического спада главную роль в урегулировании и поддержании экономики играет государство. Оно проводит комплекс мер направленных на поддержания рынка с помощью фискальной и денежно-кредитной политики. Оно поддерживает занятость населения и вместе с Центральным Банком проводит монетарную стимуляцию.

Идея о том, что в процессе, рецессии, а именно её и представляет собой нынешняя ситуация, государство выступает, как регулятор нестабильной рыночной экономики, является отражением мысли такого течения, как кейнсианство. При этом, является прямо противоположной представлением классической политэкономии, при которой рынок не нуждается в урегулировании, так как рынки по принципу «невидимой руки» регулируют себя самостоятельно за счёт личных интересов, направленных на максимизацию прибыли, и толкающих экономику к развитию. И, возможно, так и происходит, когда рыночная экономика находится на стадии подъёма, но в кризисных ситуациях, рынок попросту не может о себе позаботиться без помощи государства.

Таким образом, мы получаем довольно, однозначный ответ, выясняя какая из двух экономических теорий, кейнсианство или классическая политэкономия, наиболее удачливая для экономики нашей страны на сегодняшний день. Именно в таких ситуациях, как экономический спад кейнсианство проявляет себя в полной мере. Так как, Кейнс зародил идею, при которой центральные банки печатают деньги для того, чтобы завести экономический движок (монетарная стимуляция). Именно, эта идея, вместе с идеями кейнсианства о налоговых стимулах и поддержке занятости для смягчения экономической рецессии, являются наиболее эффективными методами выхода из неё. Эти методы и помогают выходить из финансовых кризисов в 21 веке.

Библиографический список:

1. Гловели Г. Д. КЛАССИЧЕСКАЯ ПОЛИТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИЯ // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016); <https://bigenc.ru/economics/text/2071758> (Дата обращения: 15.03.2022).
2. Хавина С. А. КЕЙНСИАНИЗМ // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016); <https://bigenc.ru/economics/text/2059020> (Дата обращения: 15.03.2022).
3. Википедия – кризис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кризис> (Дата обращения: 15.03.2022).

УДК 005.95/96

Опыт работы с персоналом при внедрении системы электронного документооборота в вузе на примере филиала Ухтинского государственного технического университета в городе Усинске

Чугункина И.В., Шайганова А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Современные цифровые технологии предоставляют огромное количество способов решения управленческих вопросов организаций, в том числе и в высших учебных заведениях. Одно из современных средств оптимизации процессов является электронный документооборот, который позволит наиболее рациональным образом организовать взаимодействие между работниками вуза – обеспечить передачу поручений, заданий и обработку документов.

Актуальность данного исследования заключается в том, что электронный документооборот в современном делопроизводстве с каждым годом занимает все более устойчивые позиции, это связано с развитием информационно-коммуникационных технологий. В условиях сегодняшнего времени немаловажным фактором остается оптимизация экологических аспектов деятельности предприятия при использовании электронного документооборота, достигаемая за счет уменьшения использования материальных носителей информации – бумаги, и уменьшения доли задействованной офисной техники и ее расходных составляющих.

Однако, как и любое другое организационное изменение, введение в работу организации системы электронного документооборота (СЭД) сопряжено с рядом трудностей в части работы с персоналом. В данном исследовании мы рассмотрели особенности внедрения СЭД в вузе на примере филиала Ухтинского государственного технического университета в г. Усинске (далее филиала) и разработали ряд мер, позволяющих оптимизировать данный управленческий процесс.

Для перехода филиала на электронный документооборот была выбрана система DIRECTUM. В своем магистерском исследовании С. В. Сивагин приводит преимущества данного программного обеспечения именно для вузов, основные из которых:

- Продуманная идеология системы удачно сочетает в себе широкую функциональность и простые принципы работы;
- Развитое управление контентом с полноценной поддержкой жизненного цикла, вводом документов из различных источников, преобразованием и хранением документов в

различных форматах;

- Возможность создания и управления в единой системе хранилищами документов практически неограниченного объема для разного вида контента на протяжении всего жизненного цикла документов;

- Возможность организации обмена электронными документами с ЭЦП между разными организациями, даже если они используют разные системы документооборота или не используют их вообще и др.

Как известно чем более вовлечены в процесс руководители организации, тем ниже уровень сопротивления работников, и наоборот. На первом этапе первый руководитель – директор филиала объявил о внедрении СЭД на плановом совещании и пояснил работникам предпосылки к введению СЭД, а также срок проведения мероприятий и получаемые коллективом преимущества при успешном внедрении СЭД. Далее была создана рабочая группа: непосредственной реализации занялись заместитель директора по ДО и НИР в команде со старшим делопроизводителем и программистом.

Цель внедрения СЭД конкретно в филиале состояла в том, чтобы запустить процедуру электронного согласования и регистрации приказов директора филиала по основной деятельности и по личному составу.

В начале внедрения СЭД были опрошены 90% работников, участвующих в подготовке проектов приказов, а также их согласовании и регистрации, которое показало следующие результаты.

На вопрос: «Как вы считаете, нужна ли система электронного документооборота для согласования приказов у Вас на предприятии?» Работники ответили следующим образом: 46% ответили «да», 45% - «нет», 9% испытывали затруднения с выбором ответа (рисунок 1).

В беседе с сотрудниками были выяснены причины, по которым они против внедрения СЭД. Все мотивы можно разделить на два основных вида:

- явные причины – те, о которых работники открыто говорят. К таким причинам можно отнести боязнь перемен в работе как таковых (на бумаге привычнее, надежнее и проще); недоверие надежности работы компьютера (если сломается компьютер, то пропадут все документы);

- скрытые причины – причины, о которых сами работники умалчивают, но говорят их коллеги, руководители подразделений. К таким причинам относят нежелание установки контрольных сроков и прозрачности хода подготовки и согласования – данная информация отражается в системе, и при возникновении проблем всегда можно извлечь данную информацию и выяснить причины задержки, а также особенности реализации подготовки и согласования документов. К примеру, можно выяснить сколько раз один и тот же документ работник, наделенный функциями согласующего, возвращал документ на доработку, все ли замечания устранял инициатор документа, по какой причине процесс согласования затянулся.

На вопрос нужна ли инструкция по пользованию системой 80% работников ответили утвердительно, 20% в инструкции не нуждаются.

Относительно того, сократится ли время согласования приказов в СЭД по сравнению с согласованием на бумаге, работники ответили следующим образом: 33,3% убеждены, что время согласования сократится, 33,3% - считают, что время не сократится, 33,3% - уверены, что внедрение СЭД удлинит процесс согласования приказов (рисунок 2).

Далее представлены мероприятия, разработанные и реализованные в филиале для успешного внедрения СЭД для согласования и регистрации приказов директора филиала.

На начальном этапе внедрения СЭД была разработана инструкция по согласованию приказов в Directum, чтобы дать необходимые знания для начала работы в системе. В данной инструкции мы прописали каждый шаг от «загрузки приказа в систему» до «оформления листа согласования», добавили картинки, чтобы наглядно был виден каждый шаг работы, это должно было упростить работу в системе на этапах внедрения. В ходе активного использования инструкции сотрудниками филиала, были выявлены неточности, благодаря обратной связи инструкция была исправлена и доработана.

Для того чтобы при составлении и оформлении приказа сократить количество ошибок, была составлена короткая памятка на основе инструкции по делопроизводству. Это помогает не

только сократить количество ошибок, но и ускорить процесс согласования на этапе проверки оформления приказа, потому что исключаются однотипные ошибки.

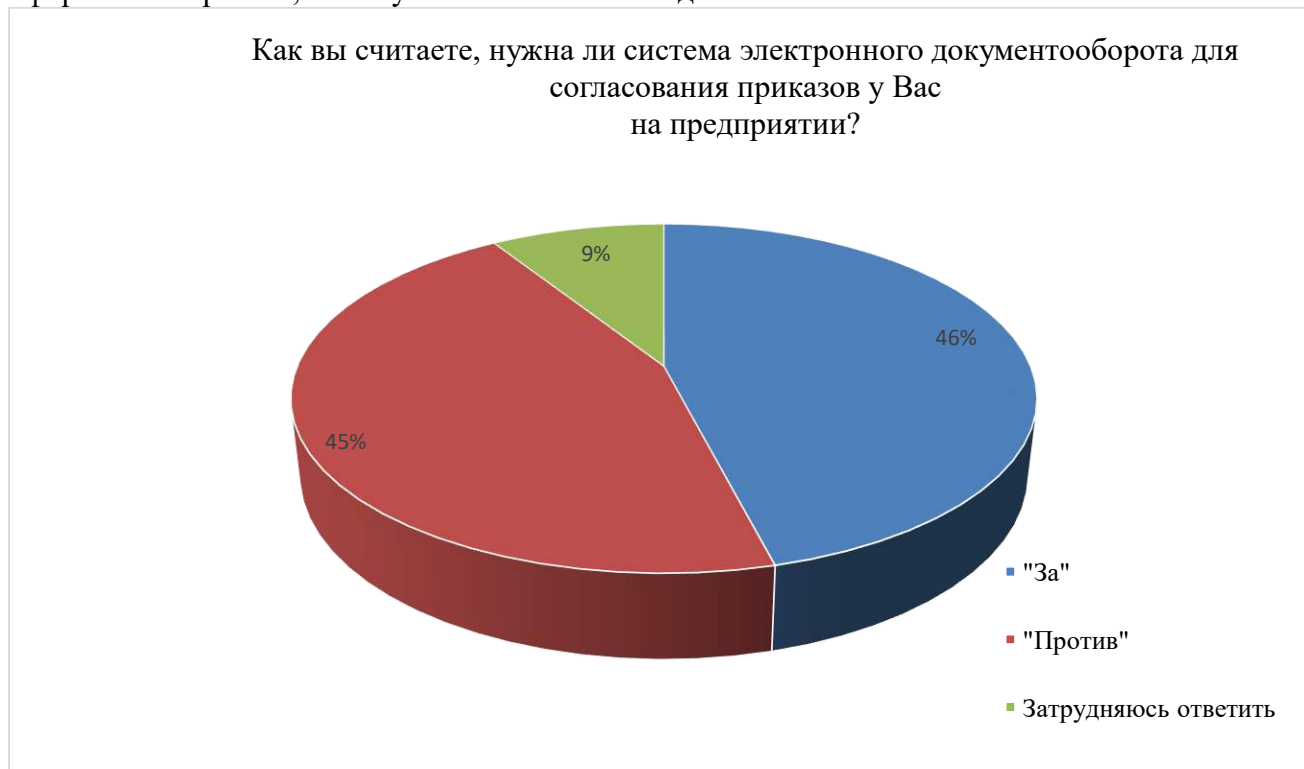


Рисунок 1 – Результаты анкетирования сотрудников



Рисунок 2 – Результаты анкетирования сотрудников

Также для решения возникших проблем и споров в ходе работы в системе проводились беседы, где сотрудники могли высказать свое мнение и предложить варианты решения проблем и компромиссы.

В процессе всего начального этапа внедрения СЭД члены рабочей группы чутко

прослеживали обратную связь, возникшие конфликты разрешали, занимая нейтральную сторону, не отстаивая и не уменьшая важность интересов различных категорий работников.

В результате процедура согласования приказов в СЭД была успешно внедрена в производственный процесс филиала, что является основанием для рекомендации описанных подходов к работе с персоналом при реализации других нововведений, оптимизирующих деятельность высших учебных заведений и дальнейших исследований в данной области.

Библиографический список:

1. Внедрение СЭД: реакция работников и их обучение [Электронный ресурс]. - <https://delopress.ru/journals/staff/?month=08&year=2018&favAuth=47773> (дата обращения 11.03.2022);
2. Сивагин С.В., Магистерская диссертация на тему «Интеграция ЭИОС с электронным документооборотом вуза», г. Пенза 2019 г, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

УДК 658.12

Эффективность услуг западных компаний на отечественном рынке нефтегазового сервиса

Ситков С.А.

Научный руководитель – Павловская А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Нефтегазовый сервис – сегодня является наиболее высокотехнологичным и наукоемким, что позволяет ему развиваться наиболее прогрессивно и эффективно. Нефтегазовый сервис – это, новые открытые месторождения, интенсификация и совершенствование технологии добычи нефти и газа, бурение многокилометровых и многозабойных скважин. Это новые рабочие места и налоги в казну государства.

Главными факторами развития нефтегазового сервиса в нашей стране является наличие огромных запасов нефти и газа, которые ждут новых технологий для их освоения.

Нефтегазовый сервис сегодня это: бурение и наклонно-направленное бурение; буровые растворы, бурение с регулируемым давлением, спуск обсадных колонн и цементаж, геофизические исследования, текущий и капитальный ремонт скважин; повышение нефтеотдачи пластов (гидравлический разрыв пласта и кислотные обработки); производство, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования, услуги экологической направленности, транспортные услуги и т.д.

В таблице 1 представлена динамика финансовых результатов по компании Schlumberger за 2016-2020 годы. Прибыль от продаж в динамике за 5 лет выросла с 2 222 313 до 3 304 803 тыс. руб., то есть на 48,7%. Чистая прибыль в 2016 году отрицательная, производственно-хозяйственная деятельность общества была убыточной. Увеличение чистой прибыли(убытка) от года к году с 2016 года по 2020 год с -3 617 444 до 6 109 279 тыс. (268%).

В таблице 2 представлена динамика финансовых результатов по компании Baker Hughes за 2016-2020 годы. Прибыль от продаж в динамике за 4 года выросла с 811 590 до 2 814 845 тыс. руб., то есть в 3,5 раза. Прибыль от продаж в 2016 году была отрицательная. Увеличение чистой прибыли с 2016 года по 2020 год со 112 034 до 678 028 тыс., т. е. в 6,1 раза.

В таблице 3 представлена динамика финансовых результатов по компании Weatherford за 2016-2020 годы. Прибыль от продаж в динамике за 4 года выросла с 797 128 до 2 649 983 тыс. руб., то есть в 3,3 раза. Чистая прибыль в 2017 году отрицательная, производственно-хозяйственная деятельность общества была убыточной. Чистая прибыль с 2016 года по 2020 год увеличилась с 243 941 до 1 690 526 тыс., т. е. в 7 раз.

В таблице 4 представлена динамика финансовых результатов по компании NewTech за 2016-2020 годы. Прибыль от продаж в динамике за 5 лет упала с 1 290 705 до 131 048 тыс. руб., то есть в 10 раз. Чистая прибыль за этот период снизилась с 704 052 до 622 254 тыс. руб., т. е. на 11,3%.

Результаты расчёта показателей эффективности услуг компаний: Schlumberger, Baker

Hughes, Weatherford, NewTech за 2016 - 2020 годы приведены в таблицах 5 – 8.

В компании Schlumberger рентабельность продаж в анализируемом периоде выросла с 10,3% до 12,6%, то есть на 2,3%. Рентабельность услуг выросла с 11,5% до 14,4%, то есть на 2,9%. Рентабельность реализованной продукции увеличилась в течение периода на 40%, рентабельность производственной деятельности увеличилась на 45,2%.

В компании Baker Hughes рентабельность продаж в анализируемом периоде выросла с -1% до 9,8%, то есть на 10,8%. Рентабельность услуг выросла с -1% до 10,8%, то есть на 11,8%. Рентабельность реализованной продукции увеличилась в течение периода на 1%, рентабельность производственной деятельности увеличилась на 1,2%.

Таблица 1 - Динамика финансовых результатов компании Schlumberger за 2016 – 2020 годы, тыс. руб.

Наименование показателя	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выручка	21 617 333	21 337 573	24 790 197	26 565 850	26 213 872
Себестоимость продаж	16 678 202	16 171 506	18 766 292	20 106 504	19 834 841
Валовая прибыль (убыток)	4 939 131	5 166 067	6 023 905	6 459 346	6 379 031
Управленческие расходы	1 475 848	1 490 385	1 203 414	1 341 742	1 336 532
Прибыль (убыток) от продаж	2 222 313	2 186 890	3 138 911	3 539 900	3 304 803
Чистая прибыль (убыток)	-3 617 444	494 825	1 104 232	2 082 762	6 109 279

Таблица 2 - Динамика финансовых результатов компании Baker Hughes за 2016 – 2020 годы, тыс. руб.

Наименование показателя	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выручка	8 159 786	12 438 236	20 095 207	18 533 376	28 834 701
Себестоимость продаж	7 674 863	10 264 057	16 736 994	16 215 668	24 107 278
Валовая прибыль (убыток)	484 923	2 174 179	3 358 213	2 317 708	4 727 423
Управленческие расходы	568 420	1 362 589	1 051 696	2 123 556	1 912 608
Прибыль (убыток) от продаж	-83 497	811 590	2 306 517	194 152	2 814 815
Чистая прибыль (убыток)	112 034	380 507	1 777 428	105 630	678 028

Таблица 3 - Динамика финансовых результатов компании Weatherford за 2016 – 2020 годы, тыс. руб.

Наименование показателя	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выручка	15 524 357	18 418 365	18 719 529	19 236 166	17 833 180
Себестоимость продаж	13 586 790	15 349 713	14 660 659	14 697 076	12 984 916
Валовая прибыль (убыток)	1 937 567	3 068 652	4 058 870	4 539 090	4 848 264
Управленческие расходы	2 202 844	2 157 467	2 165 964	2 054 097	2 038 544
Прибыль (убыток) от продаж	-362 299	797 128	1 728 714	2 249 717	2 649 983
Чистая прибыль (убыток)	243 941	-103 405	727 626	1 454 507	1 690 526

Таблица 4 - Динамика финансовых результатов компании NewTech за 2016 – 2020 годы, тыс. руб.

Наименование показателя	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выручка	7 463 224	9 109 190	10 704 546	10 738 459	7 453 481
Себестоимость продаж	5 478 157	7 357 919	7 678 433	7 985 006	6 377 840
Валовая прибыль (убыток)	1 985 067	1 751 271	3 026 113	2 753 453	1 075 641
Управленческие расходы	684 153	690 001	924 820	921 904	942 008
Прибыль (убыток) от продаж	1 290 705	1 056 671	2 093 302	1 819 219	131 048
Чистая прибыль (убыток)	704 052	608 627	2 010 815	1 341 828	622 254

Таблица 5 - Оценка эффективности услуг компании Schlumberger за 2016 - 2020 годы.

Годы	Рентабельность продаж ($P_{п}$), %	Рентабельность услуг ($P_{пр}$), %	Рентабельность реализованной продукции ($P_{рп}$), %	Рентабельность производственной деятельности ($P_{пд}$), %
1	2	3	4	5
2016 г.	10,3	11,5	-16,7	-18,6
2017 г.	10,2	11,4	2,3	2,6
2018 г.	12,7	14,5	4,5	5,1
2019 г.	13,3	15,3	7,8	9
2020 г.	12,6	14,4	23,3	26,6

Таблица 6 - Оценка эффективности услуг компании Baker Hughes за 2016-2020 годы.

Годы	Рентабельность продаж ($P_{п}$), %	Рентабельность услуг ($P_{пр}$), %	Рентабельность реализованной продукции ($P_{рп}$), %	Рентабельность производственной деятельности ($P_{пд}$), %
1	2	3	4	5
2016 г.	-1	-1	1,4	1,4
2017 г.	6,5	7	3,1	3,3
2018 г.	11,5	12,1	8,8	9,3
2019 г.	1	1,1	0,6	0,6
2020 г.	9,8	10,8	2,4	2,6

Таблица 7 - Оценка эффективности услуг компании Weatherford за 2016 - 2020 годы.

Годы	Рентабельность продаж ($P_{п}$), %	Рентабельность услуг ($P_{пр}$), %	Рентабельность реализованной продукции ($P_{рп}$), %	Рентабельность производственной деятельности ($P_{пд}$), %
1	2	3	4	5
2016 г.	-2,3	-2,3	1,6	1,5
2017 г.	4,3	4,5	-0,6	-0,6
2018 г.	9,2	10,2	3,9	4,3
2019 г.	11,7	13,2	7,6	8,6
2020 г.	14,6	17,4	9,5	11,1

В компании Weatherford рентабельность продаж в анализируемом периоде выросла с – 2,3% до 14,6%, то есть на 16,9%. Рентабельность услуг выросла с -2,3% до 17,4%, то есть на 19,7%. Рентабельность реализованной продукции увеличилась в течение периода на 12,1%, рентабельность производственной деятельности увеличилась на 9,6%.

Таблица 8 - Оценка эффективности услуг компании NewTech за 2016-2020 годы.

Годы	Рентабельность продаж ($P_{п}$), %	Рентабельность услуг ($P_{пр}$), %	Рентабельность реализованной продукции ($P_{рп}$), %	Рентабельность производственной деятельности ($P_{пд}$), %
1	2	3	4	5
2016 г.	17,3	20,9	9,4	11,4
2017 г.	11,6	13,1	6,7	7,6
2018 г.	19,5	24,3	18,8	23,3
2019 г.	16,9	20,4	12,5	15
2020 г.	12,6	1,8	8,3	8,5

В компании NewTech рентабельность продаж в анализируемом периоде снизилась с – 17,3% до 12,6%, то есть на 4,7%. Рентабельность услуг снизилась с 20,9% до 1,8%, то есть на 19,1%. Рентабельность реализованной продукции снизилась в течение периода на 1,1%, рентабельность производственной деятельности снизилась на 2,9%.

Сравнительный анализ эффективности услуг иностранных сервисных компаний показал, что в компании Weatherford рентабельность продаж и рентабельность услуг за весь рассматриваемый период находится на более высоком уровне по сравнению с другими компаниями. Однако рентабельность реализованной продукции и рентабельность производственной деятельности в компании Schlumberger выше показателей других компаний за сравниваемый период.

Результаты расчётов позволяют сделать вывод о снижении эффективности услуг некоторых компаний за рассматриваемый период. Одной из причин является предъявление санкций к нефтегазовому сервису и снижение мировых цен на нефть с 2016 по 2020 годы и в период пандемии в 2020 году.

Диагностика эффективности нефтесервисных услуг показывает, что, в связи с введением санкций к нефтегазовому комплексу в 2014 г., эффективность нефтесервисных услуг снизилась в 2016 г., но начиная с 2017 г. происходит повышение эффективности нефтесервисных услуг западных компаний на отечественном рынке нефтегазового сервиса.

Библиографический список:

1. Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ ООО «Технологическая Компания Шлюмберже», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7709413265_ooo-tekhnologicheskaya-kompaniya-shlyumberzhe
2. Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ АО «Бейкер Хьюз», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7714024384_ao-beyker-khyuz
3. Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ ООО «Везерфорд Холдингз(Рус)», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7702690319_ooo-vezerford-kholdingz-rus
4. Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ ООО «Ньютек Сервисез», [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7709832820_ooo-nyutek-servisez

УДК 334.72

Экономическое развитие буровых организаций в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

Трохов В.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На Западно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию приходится 58,5 % всей добычи нефти, на Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию – 22,8 %, на Восточно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию – 8,5 %, на Тимано-Печорскую нефтегазоносную провинцию – 5,6 %.

В Республике Коми добыча нефти в 2018 году составляла 14,4 млн тонн, в 2019 – 14,5 млн тонн, в 2020 году – 12,8 млн тонн, т.е. уменьшилась по сравнению с предыдущим годом на 8,8 %.

Буровые работы обеспечивают ежегодный прирост запасов с целью восполнения извлекаемых в течение года нефти и газа и увеличивают объёмы разведанных нефтяных и газовых ресурсов для дальнейшего устойчивого развития нефтяных компаний.

В буровых организациях России в настоящее время сложились эффективные дивизиональные структуры управления производством. Центральные офисы буровых организаций находятся, как правило, в Москве, Перми, Тюмени, Уренгое и в других городах, а в районах бурения скважин находятся их квазиавтономные подразделения в виде филиалов. Например, ООО «РН-бурение», ООО «Газпром бурение», ООО «БК «Евразия», ООО «Интегра» находятся в г. Москва, а в Республике Коми функционируют их филиалы: Усинский филиал ООО «РН-бурение», Усинский филиал ООО «БК «Евразия». В ООО «Газпром бурение» функционирует четыре филиала: «Краснодар бурение», «Уренгой бурение», «Оренбург бурение» и «Астрахань бурение». Структуризация организации буровых работ осуществляется по территориальному признаку по географическим регионам.

Усинский филиал ООО «БК «Евразия» является крупнейшей буровой организацией в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В таблице 1 приведена динамика финансовых результатов Усинского филиала ООО «БК «Евразия» за два года.

Таблица 1 – Динамика финансовых результатов Усинского филиала ООО «БК «Евразия»

Наименование показателя	Предыдущий год		Отчётный год		Относительное изменение, %
	тыс. рублей	удельный вес, %	тыс. рублей	удельный вес, %	
1	2	3	4	5	6
Выручка	15 399 955	100,00	17 887 016	100,00	116,15
Себестоимость продаж	11 718 447	76,09	13 273 968	74,21	113,27
Валовая прибыль (убыток)	3 681 508	23,91	4 613 048	25,79	125,30
Коммерческие расходы	-	-	-	-	-
Управленческие расходы	356 509	2,32	339 297	1,90	95,17
Прибыль (убыток) от продаж	3 324 999	21,59	4 273 751	23,89	128,53
Чистая прибыль (убыток)	2 610 448	16,95	2 885 371	16,13	110,53

Объём проходки в динамике за два года увеличился с 352 954 м до 385 424 м, т.е. на 9,2 %. Сметная стоимость одного метра увеличилась с 43 631,62 руб. до 46 408,67 руб., т.е. на 5,4 %, что привело к увеличению выручки от продаж с 15 399 955 тыс. рублей до 17 887 016 тыс. рублей, т.е. на 16,1 %. Себестоимость продаж увеличилась на 13,27 %.

Прибыль от продаж выросла по сравнению с предыдущим годом на 28,53 %.

Наибольшую долю в структуре выручки Усинского филиала ООО «БК «Евразия» составляет себестоимость, которая с 76,09 % снизилась до 74,21 %, достигнув доли валовой прибыли 25,79 %, что является достаточно хорошим показателем. Кроме того, 1,9 % составляют управленческие расходы и 23,89 % - доля прибыли от продаж.

Прибыль (убыток) от реализации работ бурового предприятия зависит от следующих факторов:

- объёма буровых работ в натуральном выражении;
- сметной стоимости 1м проходки;
- себестоимости 1м проходки.

Расчет влияния этих факторов на сумму прибыли (убытка) произведён способом цепных подстановок по исходным данным, представленным в таблице 2, по формуле:

$$P_p = Q \times (C' - C'') \quad (1)$$

где Q – объём буровых работ, м;

C' - сметная стоимость одного метра проходки, тыс. рублей;

C'' – фактическая себестоимость одного метра проходки, тыс. рублей.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели производственно-хозяйственной деятельности Усинского филиала ООО «БК «Евразия»

Показатели	Предыдущий год	Отчётный год	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %
1	2	3	4	5
Проходка, м	352 954	385 424	32 470	109,2
Выручка от продажи работ, услуг, тыс. рублей	15 399 955	17 887 016	2 487 061	116,15
Себестоимость работ, услуг, тыс. рублей	12 074 956	13 613 265	1 538 309	112,74
Прибыль от продаж, тыс. рублей	3 324 999	4 273 751	948 752	128,53
Сметная стоимость одного метра, рублей	43 631,62	46 408,67	2,391	105,43
Себестоимость одного метра проходки, руб./м.	34 211,13	35 320,23	0,945	102,82

Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты факторного анализа прибыли Усинского филиала ООО «БК «Евразия» за отчетный период

Фактор	Изменение
1	2
Увеличение прибыли, тыс. руб.	948 752
в том числе за счет влияния:	
- увеличение объема проходки	305 883
- увеличения сметной стоимости 1м проходки	1 070 343
- увеличения себестоимости 1м проходки	-427 474

Прибыль увеличилась на 948 752 тыс. рублей. В результате факторного анализа выявлено, что за счет увеличения проходки прибыль увеличилась на 305 883 тыс. рублей, за счет увеличения сметной стоимости одного метра проходки прибыль увеличилась на 1 070 343 тыс. рублей и уменьшилась на 427 474 тыс. рублей за счёт увеличения себестоимости одного метра проходки.

Результативность и экономическая целесообразность функционирования предприятия оценивается не только абсолютными, но и относительными показателями. К последним, в частности, относится система показателей рентабельности. Результаты расчета показателей рентабельности представлены в таблице 4.

В общем случае в организации рост рентабельности обеспечивается, если темпы роста прибыли опережают темпы роста выручки и затрат. В отчётном году показатели рентабельности продаж и рентабельности строительства скважин увеличились, что свидетельствует о повышении эффективности буровых работ.

Таблица 4 – Показатели рентабельности в Усинском филиале ООО «БК «Евразия»

Показатели	Предыдущий год	Отчётный год	Абсолютное изменение
1	2	3	4
Выручка от продажи работ, услуг, тыс. рублей	15 399 955	17 887 016	2 487 061
Себестоимость работ, услуг, тыс. рублей	12 074 956	13 613 265	1 538 309
Прибыль от продаж, тыс. рублей	3 324 999	4 273 751	948 752
Чистая прибыль, тыс. рублей	2 610 448	2 885 371	274 923 000
Рентабельность продаж, %	21,59	23,89	2,30
Рентабельность строительства скважин, %	27,54	31,39	3,85
Рентабельность реализованной продукции, %	16,95	16,13	-0,82
Рентабельность производственной деятельности, %	21,62	21,19	-0,43

В результате факторного анализа выявлено, что за счет увеличения прибыли от продаж на 948 752 тыс. руб. рентабельность продаж увеличилась на 6,16 %, а за счет увеличения выручки от продаж на 2 487 061 тыс. рублей рентабельность продаж уменьшилась на 3,86 %.

Проведённый факторный анализ показал, что за счет увеличения прибыли от продаж на 948 752 тыс. рублей рентабельность строительства скважин увеличилась на 7,86 %, а за счет увеличения себестоимости работ на 1 538 309 тыс. рублей рентабельность продаж уменьшилась на 4 %.

В результате анализа развития бурового сегмента рынка нефтегазового сервиса выявлены следующие пути повышения эффективности буровых работ:

1. Внедрение новой техники и технологий бурения скважин.

Анализ опыта работы буровых российских и иностранных компаний показал, что

основными направлениями инновационного развития буровых работ являются:

- внедрение PDC долот и их модификаций;
- бурение на обсадных трубах;
- использование роторно-управляемых систем;
- применение новых буровых и тампонажных растворов;
- применение новых промывочных жидкостей для вскрытия продуктивных пластов;
- бурение с использованием винтовых забойных двигателей;
- совершенствование компоновок низа бурильной колонны;
- внедрение новых типов буровых установок;
- повышение качества крепи скважины;
- бурение боковых стволов;
- внедрение нового оборудования для предотвращения аварий и ликвидации осложнений и т.д.

2. Повышение эффективности использования основных производственных фондов.

3. Повышение эффективности использования трудовых ресурсов.

4. Внедрение проектного управления в буровых организациях.

Библиографический список:

1. Павловская, А.В. Формирование эффективной системы сервисного обслуживания буровых организаций // Научно-экономический журнал «Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом». – № 7. – 2021. – С. 30-35.

2. Павловская, А.В. Эффективность бурового сегмента рынка нефтегазового сервиса // Научно-экономический журнал «Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом». – №7, 2020. – С.24-30.

УДК 330.34.014.2

Развитие «зелёной» экономики в Республике Беларусь до 2025 года

Жодик А.Ю.

Барановичский государственный университет, г. Барановичи, Белоруссия

В Республике Беларусь экологическим вопросам уделяется все более пристальное внимание: реализуются государственные программы, совершенствуется законодательство, разрабатываются основополагающие документы в области охраны окружающей среды и рационального природопользования. Поэтому закономерно, что развитие «зелёной» экономики в данной области имеет для Беларуси большое значение.

За последние три десятилетия «зеленая» экономика не только заняла центральное место в глобальной повестке дня, но и выступает активным драйвером экономического роста, содействуя достижению Целей устойчивого развития. Большинство стран мира переориентировало свою экологическую политику на переход от традиционной модели, в которой охрана окружающей среды рассматривается как нагрузка на экономику, к модели, в которой экология выступает двигателем развития, т.е. к «зеленой» экономике.

«Зелёная» экономика – понятие достаточно современное и не все знают, что оно представляет собой. Поэтому с целью изучения осведомленности моих знакомых о понятии «зелёная» экономика и её развитии в Республике Беларусь автором был проведён опрос. В нём приняли участие 30 респондентов. Средний возраст опрошиваемых 20-25 лет, образование незаконченное высшее. Для проведения опроса была разработана анкета, которая включает следующие вопросы:

1. Знакомы ли вы с понятием «зелёная» экономика?
2. С чем у вас ассоциируется понятие «зелёная» экономика?
3. Известны ли Вам какие-либо программы, направленные на развитие «зелёной»

экономики в Беларуси?

4. Какие направления «зелёной» экономики вам известны?

5. Какие страны с вашей точки зрения наносят наибольший вред экологии?

Согласно результатам опроса, достаточно хорошо знакомы с понятием «зелёная» экономика лишь 8% респондентов, 50% опрошенных совсем не знакомы с понятием, еще 42% что-то слышали, но не очень понимают, что это такое. Это говорит о том, что понятие «зелёная» экономика ещё недостаточно распространено в тех источниках информации, которую читает (смотрит) опрашиваемая часть сегмента молодежи, а специально такой информацией никто не интересуется. Безусловно, в Беларуси ведется работа по пропаганде данного направления. Например, в городе автора Барановичи работает Центр экологии, туризма и краеведения, где изучаются и вопросы развития зеленой экономики, также такие центры есть и в других населенных пунктах [5]. Однако в такие центры приходят люди целенаправленно. Поэтому, необходимо поработать над каналами информационного продвижения данного направления экономики. Это в первую очередь должны быть социальные сети, наружная социальная реклама, а также PR организаций, лидирующих в этом перспективном направлении.

Понятие «зелёная» экономика у 80% опрошенных ассоциируется со словом «экологичность», у 20% – с понятием «здоровая» экономика.

Более половины опрошенных ответили, что не осведомлены о программах, направленных на развитие «зелёной» экономики в Беларуси. Но некоторые респонденты были хорошо осведомлены о программах, что несомненно порадовало автора. Респондентам были известны следующие программы развития «зелёной» экономики в Беларуси: развитие сети зарядных станций для электромобильного транспорта, разработка стратегии долгосрочного развития Республики Беларусь с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года, развитие велосипедного движения.

Такой же ответ автор получил на вопрос о направлениях «зелёной экономики». Большая часть респондентов не знает никаких направлений, остальные привели следующие направления «зелёной» экономики: развитие экологического туризма, производство органической продукции, развитие электротранспорта.

Наибольший вред экологии на взгляд респондентов наносят следующие страны: Китай, США, Япония.

Фактически это не совсем так. В Австралии экологами из университета Аделаиды было проведено исследование, которое выявило какие страны наносят наибольший вред экологии. Основными критериями, на которые опирались исследователи в своей работе, были следующие:

- 1) уничтожение лесных массивов;
- 2) разрушение экологических ниш;
- 3) превышающий все допустимые нормы вылов рыбы;
- 4) применение ядохимикатов в качестве удобрений в сельском хозяйстве;
- 5) выбросы газов, создающих парниковый эффект [4].

В результате сопоставительного статистического анализа учёным удалось выявить страны, которые наносят сильнейший ущерб экологии всей планеты (в порядке убывания вреда): Бразилия, Соединённые штаты Америки, Китай, Индонезия, Япония, Мексика, Индия, Австралия, Перу. Пересечения с предположениями респондентов имеются.

Автор придерживается точки зрения, которая утверждает: чтобы степень загрязнения окружающей среды снижалась, страны, которые достигают высокого уровня экономического развития, непременно должны начинать внедрять экологически чистые и ресурсосберегающие технологии. Поэтому необходимо шире пропагандировать принципы, направления и программы развития «зелёной экономики» в Республики Беларусь с целью информирования всего населения о существовании такого направления экономики.

Постановлением Совета Министров от 10 декабря 2021 г. № 710 утвержден Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [1].

В качестве стратегической цели утвержденного плана определено развитие

инклюзивной, умной и цифровой «зеленой» экономики, содействующей достижению экономического роста.

Развитие «зеленой» экономики в Республике Беларусь основывается на следующих принципах:

- принцип устойчивого развития, предполагающий нацеленность на достижение устойчивого экологического, экономического и социального роста;
- принцип инклюзивности, предполагающий расширение круга заинтересованных сторон и вовлечение их в становление «зеленой» инклюзивной экономики в соответствии с подходом «никого не оставить в стороне»;
- принцип межсекторальности отражает взаимодействие представителей различных секторов общества в процессе принятия решений;
- принцип инновационности – использование достижений научно-технического прогресса в целях повышения экологичности выпускаемой продукции, способа ее производства или распределения;
- принцип научности, предусматривающий раскрытие причинно-следственных связей между явлениями, процессами, событиями, а также обязательное включение в Национальный план только актуальной информации, отвечающей современному уровню развития науки;
- принцип экоэффективности и достаточности, предполагающий обеспечение устойчивого производства и потребления, максимизацию полезных свойств товаров и услуг при одновременной минимизации воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла продукции;
- принцип ресурсосбережения предполагает принятие управленческих решений с учетом необходимости сохранения ресурсов;
- принцип управления отходами как ресурсами предполагает принятие управленческих решений с учетом необходимости предотвращения (минимизации) образования отходов и создания условий для максимального вовлечения их в хозяйственный оборот с целью замещения первичных (природных) ресурсов, развития промышленного симбиоза;
- принцип повышения конкурентоспособности и укрепления занимаемых позиций на мировых рынках с учетом глобальных тенденций экологизации;
- принцип транспарентности предполагает информирование о возможностях, процессах и результатах внедрения концепции «зеленой» экономики;
- принцип международного сотрудничества и ответственности способствует согласованности глобальной политики и справедливому международному взаимодействию, обмену знаниями, опытом и технологиями [1].

Совокупность вышеобозначенных принципов подтверждает тесную взаимосвязь концепции «зеленой» экономики с Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. Механизм «зеленого» экономического роста, включающий экологическую, экономическую и социальную составляющие, представляет собой действенный практический инструмент обеспечения перехода к устойчивому развитию на региональном, национальном и глобальном уровнях посредством повышения ресурсо- и энергоэффективности; уменьшения объемов (предотвращения) образования отходов и максимального их использования; развития экосистемных услуг и рационального использования природных ресурсов; внедрения экологических инноваций; создания новых рынков благодаря стимулированию спроса на «зеленые» технологии, товары и услуги; создания новых «зеленых» рабочих мест и другого.

Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021 – 2025 годы, включает содействие достижению «зеленого» экономического роста в условиях сохранения природного капитала и повышение занятости путем создания «зеленых» рабочих мест.

В число приоритетных направлений развития «зеленой» экономики в нашей стране вошли [1]:

- внедрение принципов устойчивого потребления и производства;
- развитие экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики);

- развитие производства органической продукции;
- развитие экологического туризма и агротуризма;
- формирование умных и энергоэффективных городов;
- развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности;
- смягчение последствий изменения климата и адаптация к климатическим изменениям;
- сохранение и устойчивое использование биологического и ландшафтного разнообразия;
- развитие сферы «зеленого» финансирования;
- образование, подготовка кадров и социальная вовлеченность;
- научное обеспечение перехода к «зеленой» экономике.

Согласно плана особое внимание должно уделяться разработке отраслевых и региональных стратегий развития, позволяющих учитывать как отраслевые особенности, так и социально-экономическое состояние территории, а также потребности населения, в том числе и наиболее социально уязвимых групп.

В настоящее время в стране уже реализуется ряд таких проектов, среди которых можно назвать:

1) «Развитие лесного сектора Республики Беларусь» – реализуется за счет кредита Всемирного банка (40,7 млн. долларов США) и связанного с ним гранта Глобального экологического фонда (2,7 млн. долларов США);

2) «Содействие переходу Республики Беларусь к «зеленой» экономике» – реализуется Программой развития ООН. Суммарный бюджет проекта – 5 млн. евро. Проект стартовал в 2015 году [2];

3) Республика Беларусь является участником программы (проекта) «Экологизация экономики, реализуемой совместно ЕЭК ООН, ОЭСР, ЮНЕП и ЮНИДО»;

4) Республиканский молодежный форум «Зеленая экономика – успешное будущее».

В планах также – разработать стратегию долгосрочного развития Беларуси с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года, внедрить механизм добровольного экологического страхования, развивать систему зеленых государственных закупок [5].

Заключение. Таким образом, Республика Беларусь считает «зеленую» экономику важным инструментом для устойчивого развития и экологической безопасности, и начала принимать последовательные меры по имплементации «зеленых» (экологических) принципов в национальной экономике. Реализация главных целей экономической политики при переходе к «зеленым» принципам создаст условия для экономического роста, улучшая Благополучие и здоровье при рациональном использовании природных ресурсов, сохраняя экологический баланс и предотвращая дисбалансы в экосистеме. Немаловажной задачей государства в данном направлении должно явиться широкое информирование планов и результатов действий в направлении развития «зеленой экономики» среди молодежи. С точки зрения автора, коммуникационные каналы в данном направлении должны носить интенсивный целенаправленный характер, чтобы различные демографические сегменты населения получали данную информацию, понимали и поддерживали данное направление.

Библиографический список:

1. Национальный план по Зелёной экономике. URL: https://economy.gov.by/ru/nac_plan-ru/ (дата обращения: 01.03.2022).
2. Первые шаги зелёной экономики в Беларуси. URL: <https://ggcbs.gomel.by/templates/ggcbs/images/ecology/4073.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
3. Умные города, экотуризм и электротранспорт: как будет развиваться зеленая экономика в Беларуси. URL: <https://www.belta.by/economics/view/umnye-goroda-ekoturizm-i-elektrotransport-kak-budet-razvivatsja-zelenaja-ekonomika-v-belarusi-475021-2021/> (дата обращения: 01.03.2022).
4. Загрязнение окружающей среды развитыми и развивающимися странами. URL: [https://www.dishisvobodno.ru/pollution_country.html#:~:text=/](https://www.dishisvobodno.ru/pollution_country.html#:~:text=/ (дата обращения 10.03.2022).) (дата обращения 10.03.2022).
5. Как барановичские юннаты выступают за «зеленую экономику»/ URL: https://nashkraj.by/news/kaleydoskop/kak-baranovichskie-yunnaty-vystupayut-za-zelenuyu-ekonomiku/?utm_source=uxnews&utm_medium=desktop/ (дата обращения 10.03.2022).

Эффективность магистрального транспорта газа в России

Зуевская Ю.А.

Научный руководитель – Павловская А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

ПАО «Газпром» – одна из крупнейших нефтегазовых компаний мира по величине запасов, объемам добычи и рыночной капитализации. Основные направления деятельности – геологоразведка, добыча, транспортировка, хранение, переработка и реализация газа, газового конденсата и нефти, реализация газа в качестве моторного топлива, а также производство и сбыт тепло- и электроэнергии.

Перед Обществом стоит задача укрепления статуса лидера среди глобальных энергетических компаний посредством диверсификации рынков сбыта, обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития, роста эффективности деятельности, использования научно-технического потенциала.

Компания имеет статус лидера в производстве газа, она располагает самыми богатыми запасами природного газа в мире. По состоянию на 31 декабря 2020 г. на территории России запасы углеводородов Группы Газпром категорий А+В₁+С₁ составили 33 574,51 млрд м³ природного газа, 1 494,40 млн т газового конденсата и 2 023,75 млн т нефти, в том числе доля в запасах организаций, инвестиции в которые классифицированы как совместные операции, – 20,88 млрд м³ газа, 2,15 млн т газового конденсата и 186,53 млн т нефти. Суммарный объем запасов углеводородов Группы Газпром категорий А+В₁+С₁ соответствует 244,96 млрд барр. н. э., разделение по структурам разведки представлено на рисунке 1.

Освоение новых рентабельных источников добычи газа – это одно из главных направлений работы компании. Одновременно с ростом объемов добычи ведется дальнейшее развитие и реконструкция единой системы газоснабжения (ЕСГ). Объёмы добычи и экспорта газа представлены на рисунке 2.2.

В 2020 г. общее потребление газа в России составило 460,5 млрд м³, что на 4,3% значительно ниже уровня 2019 г. В период 2019-2020 гг. сократились объёмы газопотребления по причине теплых погодных условий (в частности в I кв. 2020 г. средняя температура воздуха составила -2,5 °С, что превышает показатель за период с 2015 по 2019 г. на 3,0 °С), а также наблюдалось снижение производства, вызванное эпидемической вспышкой COVID-19 и проведением режимных и карантинных мероприятий.

Группой «Газпром» созданы новые центры добычи для обеспечения целевого уровня добычи углеводородов, необходимые для продолжения реализации крупных инвестиционных проектов.

Доля природного газа в энергетическом балансе России в 2020 г. составила около 54%, существенно не изменившись за последние годы. Основными потребителями природного газа в России являются производители электроэнергии и тепла (33%), население (11%), нефтяная промышленность (10%), коммунально-бытовой сектор (8%), агрохимическая промышленность (7%) и металлургия (6%). Внутреннее потребление газа в Российской Федерации, 2016-2020 гг., млрд. м³ показано на рисунке 3.

В 2020 г. конъюнктура мировых энергетических рынков претерпела заметные изменения. По сравнению с уровнем 2019 г. в 2020 г. потребление энергоресурсов в мире снизилось почти на 4%. По объемам добычи газа Группа «Газпром», на долю которой приходится 12% мировой добычи, является лидером среди нефтегазовых компаний мира.

Анализ эффективности основной производственно-хозяйственной деятельности ПАО «Газпром» свидетельствует о повышении эффективности производства в период с 2016 по 2019 годы и резком снижении эффективности этой деятельности в 2020 году. 2020 год является самым кризисным годом в развитии нефтегазового комплекса России из-за пандемии. Тем не менее следует отметить, что показатели рентабельности реализованной продукции и рентабельности производственной деятельности имеют тенденцию постоянного увеличения в

связи с ростом прибыли от других видов деятельности.

Структура разведанных запасов газа Группы Газпром, %



Рисунок 1 – Структура разведанных запасов газа Группы Газпром

ДОБЫЧА И ЭКСПОРТ «ГАЗПРОМА» (МЛРД КУБ. М) ИСТОЧНИК: ДАННЫЕ КОМПАНИИ.



Рисунок 2 – Объемы добычи и экспорта газа в ПАО «Газпром»

Важнейшей сферой деятельности ПАО «Газпром» является организация услуг по транспортировке газа. Выручка от продаж в период с 2013 г. по 2020 г. увеличилась с 202000 млн. руб. до 243636 млн. руб., т. е. на 20,6%, себестоимость – со 197744 млн. руб. до 251742 млн. руб., т. е. на 27, 3%. Прибыль от продаж была только в 2013 г. и составила 4265 млн. руб. Эта сфера деятельности была эффективной только в 2013 году, а начиная с 2014 года, затраты превышают выручку от продаж, что привело к убыточности этой сферы деятельности, причём с 2014 по 2020 годы произошло увеличение убытка с 1352 млн. руб. до 8106 млн. руб., т. е. в 6 раз. Это связано с реализацией капиталоемких инвестиционных проектов по строительству газопроводов в Восточной Сибири и на Европейском Севере.

Внутреннее потребление газа в Российской Федерации, 2016–2020 гг., млрд м³



Рисунок 3 – Внутреннее потребление газа в Российской Федерации

Несмотря на убыточное состояние организации услуг по транспортировке газа в России, транспортировка газа в регионах является эффективной. В ООО «Газпром трансгаз Ухта» рентабельность услуг по транспортировке газа уменьшилась за последние два года незначительно, с 3,72% до 3,51%, т.е. на 0,21%, рентабельность продаж – с 3,59% до 3,39% за счет опережения темпов роста себестоимости услуг над темпами роста выручки от продаж и прибыли.

С целью повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности ПАО «Газпром» в программе инновационного развития разработаны инновационные технологии в области производства и управления и произведена оценка экономической эффективности разработанных инвестиционных проектов во всех сферах газового бизнеса: в области добычи, транспорта и переработки газа. По результатам расчетов выделены ключевые области совершенствования технологий – технологические приоритеты (ТП), вложение средств в которые обеспечит ПАО «Газпром» получение положительного экономического эффекта, представленные на рисунке 4.



Рисунок 4 – Перечень технологических приоритетов и их эффективность

Суммарный экономический эффект от внедрения разработанных инвестиционных проектов составляет 460 млрд. руб. Технологические приоритеты имеют инвестиционные проекты в области внедрения новых технологий магистрального транспорта газа с суммарным

чистым дисконтированным доходом (ЧДД) 109 млрд. руб., проекты освоения новых месторождений с суммарным ЧДД 87 млрд. руб., проекты внедрения новых технологий освоения ресурсов углеводородов на континентальном шельфе – 61 млрд. руб., технологии повышения эффективности переработки газа и газового конденсата – 46 млрд. руб.

Для реализации всех инвестиционных проектов применяются последние доступные достижения в области науки и техники, в том числе и те, которые созданы непосредственно при участии Группы «Газпром».

Библиографический список:

1. Бухгалтерская отчетность ПАО «Газпром»: официальный сайт. – Москва, 2020. – URL: <https://www.gazprom.ru/investors/disclosure/reports/2020/> (дата обращения: 15.03.2022)
2. Программа инновационного развития ПАО «Газпром»: официальный сайт. – Санкт-Петербург, 2020. – URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/prir-passport-2018-2025.pdf> (дата обращения: 15.03.2022)

СЕКЦИЯ 21. INTERNATIONAL COOPERATION AS A TOOL OF UNIVERSITY'S EDUCATIONAL POTENTIAL IMPROVEMENT

УДК 339.92

International cooperation on oil and gas education and development in producing countries

Fabunmi S.F.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия,

Introduction

In the current world of competition for oil and gas resources, we cannot imagine any kind of effective diplomacy without cooperation. There is a need for the coordination and unification of the petroleum policies of producing countries and the determination of the best means for safeguarding interests, individually and collectively.

The lack of effective cooperation among producing countries results in the constant tensions seen in the oil and gas sector in several hotspots around the world from disputes on zones of exploration to harmful and unnecessary fluctuations in prices.

International cooperation on oil and gas education and development through bilateral or multilateral means will ensure energy security and is an effective tool for energy diplomacy. The earliest seen inception of international cooperation in the oil and gas sector was the founding of the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) in 1960 which marked a turning point towards the cooperation of interests in the oil and gas sector among countries, and whose decisions have come to play a prominent role in the global oil market and international relations. OPEC members include, the United Arab Emirates, Saudi Arabia, Nigeria, Algeria, Angola, Equatorial Guinea, Gabon, Iran, Iraq, Kuwait, Libya, the Republic of the Congo, and Venezuela. A larger group called OPEC+ which includes Russia was formed in late 2016 to have more control on the global crude oil market.



Figure 1 - OPEC - A Sample Model of International Cooperation

In 1949, Venezuela and Iran took the earliest steps in the direction of OPEC, by inviting Iraq, Kuwait and Saudi Arabia to improve communication among petroleum-exporting nations as the world recovered from World War II. At the time, some of the world's largest oil fields were just entering production in the Middle East. The United States had established the Interstate Oil Compact Commission to join the Texas Railroad Commission in limiting overproduction. The US was simultaneously the world's largest producer and consumer of oil; and the world market was dominated by a group of multinational companies known as the "Seven Sisters", five of which were headquartered in the US following the breakup of John D. Rockefeller's original Standard Oil monopoly. Oil-exporting countries were eventually motivated to form OPEC as a counterweight to this concentration of political and economic power.

The role of OPEC as a body for international cooperation is mainly to regulate the supply of oil in order to set the price on the world market. The effect can be particularly strong when wars or civil disorders lead to extended interruptions in supply. In the 1970s, restrictions in oil production led to a dramatic rise in oil prices and in the revenue and wealth of OPEC, with long-lasting and far-reaching consequences for the global economy.

Problems

- Individual national interests on ensuring their energy security
- Domestic policy to reduce energy dependence.

For example, the Bush administration of the USA favored increasing domestic energy production to reduce dependence on foreign oil, along with some limited efforts to expand energy efficiency and alternative energy resources. Following the release of the administration's plan, legislation was introduced in the House of Representatives to offer new tax breaks for domestic energy, including petroleum, and to open the Alaskan National Wildlife Refuge to oil exploration and production. Critics of the plan argue against ANWR drilling and for greater efforts to improve energy efficiency (in particular, vehicle efficiency), as well as to develop and expand the long-term use of domestic renewables.

- Political differences between several countries which hinders their cooperation.
- Concerns about their market share and control of prices.

Importance of Cooperation

OPEC itself was founded on the premise of cooperation in 1960. The OPEC Statute says that: "The principal aim of the Organization shall be the coordination and unification of the petroleum policies of Member Countries and the determination of the best means for safeguarding their interests, individually and collectively."

The importance of such cooperation can be seen in the need to:

- actively seek to the preserve the integrity of crude oil as the world's leading energy source
- realize market stabilization
- To serve as a medium of diplomacy for disputes during crisis and conflicts. Several of such disputes have occurred in recent times.



Figure 2 – OPEC 176th Meeting of Oil Producing Countries

Improvement On Cooperation through Education and Joint Developmental Policies

- International cooperation between countries on cross-exchange of education in the oil and gas sector can foster good relationships.
- This can be achieved on the basis of the combination of educational, scientific and innovative activities with academic mobility of students and teachers, training of oil and gas specialists

for foreign companies, organization of international social and cultural events.

Areas of cooperation

The directions of international scientific and technical cooperation could include:

- rendering of research and engineering services on request of international oil and gas companies,
- joint research projects with international partner universities within the international grant programs
- cooperation within international scientific conferences and forums like the World Energy Forum, World Petroleum Congress.

An example of an active international cooperation is the Norwegian-Russian cooperation on oil and gas education. There are many examples of Norwegian and Russian higher education institutions that started active cooperation at the beginning of the 1990s with the University of Stavanger and Gubkin Russian State University of Oil and Gas double degree Master of Science Program on “Offshore Field Development” as a typical example.

There is also a cooperation in the field of oil and gas between the Research Council of Norway and the Russian Academy of Sciences which began in 2005 with a workshop in Moscow. The goal has been to create a scene where researchers from both countries can come together and lay the foundations for research cooperation in the field of oil and gas. The cooperation was formalized in two agreements in 2009. Since the beginning the cooperation has focused on the oil and gas sector where both countries have common challenges and possibilities in the High North.

The cooperation covers areas such as exchange of data, students or researchers and concrete cooperation on development of methods, processes or technologies. Advantages of this is in building arctic expertise, solving problems related to the climate, joint expeditions, beneficial network and cultural and language integration as Russian students are able to learn Norwegian culture and language and Norwegian students learn the Russian language, traditions and culture also.

There are several reasons why it is important for the two countries to continue to cooperate in the field of oil and gas. These have got to do with good relations and common challenges in search, development and production of oil and gas fields in the Arctic.

Conclusion

International cooperation on oil and gas education can be a great tool for oil producing countries to foster multilateral relationships, energy diplomacy, build mutual trust as well as share ideas on the development of the Oil and gas industry.

References:

1. Alvaro Silva-Calderón, D. R. (n.d.). OPEC's role and the challenges we face in the petroleum industry [Press release]. Retrieved March 13, 2022, from https://www.opec.org/opec_web/en/913.htm
2. Large-scale Programmes Optimal Management of Petroleum Resources – PETROMAKS Norway – Russia Research and cooperation in the High North – The Research Council of Norway, 2012 – 20p
3. Emmanuel S.J, Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC), 2018.

УДК 378.096

How to attract Chinese students to study mining, forestry and petroleum in northern Russia?

Wang Yujia, Valeriia Pankratova
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia
Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

Cooperation between Russia and China has a long history, a particularly comprehensive dialogue was achieved in the 20th and 21st centuries. This has become an integral part of the foreign policy of the two countries. In recent years, Russia and China have achieved some success in terms of enhancing partnership. With the extension of the Sino-Russian Treaty of Good-Neighborliness,

Friendship and Cooperation in June 2021, the cooperative relationship between these countries has become closer. The number of Chinese companies in Russia is increasing and, as a consequence, there is a growing need of modern society for highly qualified and mobile specialists, who are in demand not only in the national labor market, but also on a global scale - in transnational and foreign companies, educational institutions. Dynamically developing China is interested in expanding cooperation with the Russian Federation in the field of higher education, primarily in the education of Chinese students in Russian universities. We should note that the system of China higher education over the past few decades has undergone the most striking changes associated with the overall economic and socio-cultural modernization of Chinese society. First of all, Chinese higher education has overcome the traditional isolation and isolation, reorienting itself to the strategy of actively integrating the country's higher education institutions into the global educational space [1]. Thus, a lot of Chinese students come to Russia, for instance, in 2019, China sent 24,226 students to Russian universities [2].

The main importance of Russia is a vast territory and rich resources, such as oil, natural gas and a high forest coverage rate. It makes Russia the country with the largest crude oil production in the world, the country with the most natural gas resources in the world and a country with huge mineral resources. A resource-based superpower has strong advantages in these subject areas and that is why it is very attractive to foreign companies and specialists.

To my mind, Russian schools currently have certain advantages:

1. The school has a high teaching quality and a complete range of subjects. As far as I know, the disciplines of Russian universities currently established include: energy engineering, petroleum geography, oil and natural gas development, design and construction of oil pipelines and oil storage stations, environmental protection of natural resources and non-ferrous metal mining etc. There are a lot of majors, providing students with a lot of choices in terms of disciplines.

2. Russian universities have strong faculty, coupled with Russia's strong scientific research strength and educational strength, can give students high-quality education.

3. There are many mining companies and oil companies in Russia, such as: Lukoil, Transneft, Gasprom nad others. It can establish great internship opportunities with various colleges and universities, and allow mature engineers from the company to regularly give speeches in schools and communicate with students.

4. The living environment and tourism culture of Russia also attract Chinese students. Russia has a completely different religious belief from China. Not only religion pays attention, but also the traditional Russian architectural style is completely different from the Chinese architectural style, which itself attracts Chinese students to study in Russia, even students all over the world.

However, there are some points that can be improved:

1. Language integration. When you come to live and study in another country, the language is the main important issue. The main difficulties faced by Chinese citizens in the first days and months after arriving to study in Russia are, first of all, ignorance of the Russian language (70.1%), and poor command of Russian, which hinders not only everyday communications, but also the development of the studied specialty, remained with many until the last course of study [3]. Russian universities can set up more professional language centers to help foreign students learn Russian. In the preparatory course, it should be better to add some professional terms in the subject so that students can learn Russian in special sphere. It is effective way to integrate into the local and university life.

2. Promotional work. One method for improvement Russian colleges and universities is to record videos to capture the real appearance of Chinese students studying and living in Russia. The campus, dormitories and dining halls, libraries, and more can also be displayed. Parents and students are not only concerned about the school's curriculum, but also whether the students' life is convenient after arriving in Russia. They can show the facilities near the school in the promotional video, such as supermarkets, hospitals, etc. Besides, it would be better to talk about students' employment after graduation in the video. The most important is the employment direction of students after graduation, because it is great opportunity to know about their perspective and future job. For instance, it is good way is to invite in promotional video Chinese students who are engaged in corresponding jobs after graduation to share their experience work and skills.

3. Study tours or joint educational programs. One of the most effective measure for attracting

students is carrying out study tours or joint education programs. Russian and Chinese universities can establish strong dialogue, organize study tours among students, and adopt a voluntary principle to invite each other for knowledge and skill exchange. It would be useful experience for all students due to opportunity to visit mining sites or enterprises and explore their majors in practice. In my opinion, when students see the success and benefits of their job in practice, they greatly enhance their interest in learning, and even produce professional honors feeling.

On the other hand, it can give good choice master students to continue their researches abroad. Therefore, these study tours and joint educational programs should start in the second grade, so that students can learn Russian in advance and apply to the corresponding schools.

For example, the joint educational China and Russia plan can take a total of 4 years. Undergraduate Chinese students study in China for two years, and then go to Russia to study the third and fourth grade courses and in opposite case the same. After graduation, they can continue to study in the school's graduate courses and even doctoral courses, so that students can start learning Russian as soon as possible, and integrate into Russian classrooms and life in general. It is important because students have already taken a clear plan to study in Russia when they apply for the university. They can start studying Russian in the first year of undergraduate, and then Russian universities can arrange Russian teachers go to Chinese universities to teach Russian courses.

4. Improving of official website. The university should improve its official website to inform foreign students with all needed information: the specific conditions for foreign students for enrollment, the list of documents, the existence of specific requirements of migration law and medical insurance etc. Moreover, scholarship application system is one of the best motivation, even for very outstanding students. So, the reward conditions should be also presented on the official website.

In addition, I suppose that it is possible to provide an excellent talent introduction plan. Graduated students can freely choose to stay in Russia or return to their own countries to engage in related work. If students choose to stay in Russia to work, can the employer give some subsidies or other advantages. In according to statistics, the intention to stay in Russia for some time after graduation was expressed by 22.6% of the respondents, and 7.7% would like to stay in Russia to live and work on a permanent basis [3].

5. Youth student unions. It is known, that the youth is the most progressive and motivated people, that is why the opportunity to establish Chinese student unions for Chinese students makes them to be engaged in social student life more actively. Tutors can be close friends or good instructors to help, support or just communicate with each other about difficulties encountered in study and life. Experienced senior students can help new students to adopt to new living conditions and motivate them to purposeful goals.

In conclusion, Russia and China are neighbors, good friends and reliable business partners, so efforts should be made to implement plans to expand their mutually beneficial cooperation. The cultural exchange between China and Russia is an extremely important aspect in the development of contemporary Sino-Russian relations. Russian-Chinese cooperation is developing in economic, cultural, trade and other areas. In this regard, countries need to create a strong personnel base of highly qualified specialists who will respect the mores of both states. Universities will be an excellent base for establishing a dialogue among students and training future employees.

References:

1. Internationalization of higher education in Russia in the context of bilateral relations with China / A. M. Starygina // HUMANITIES OF THE SOUTH OF RUSSIA. – 2017. – № 6. – с. 280-290.
2. За пять лет количество китайских студентов в российских вузах увеличилось на 100% [Электронный ресурс]. – <https://chinalogist.ru/news/za-pyat-let-kolichestvo-kitayskih-studentov-v-rossijskih-vuzah-uvelichilos-na-100-19017> (дата обращения 01.04.2022).
3. Интернационализация образования. Китайские студенты в России / А.Л. Арефьев // ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ. – 2010. – № 12. – с. 54-66.
4. Региональный аспект российско-китайских отношений / С. Ю. Врядий // ОЙКУМЕНА. РЕГИОНОВЕДЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. – 2011. – №4. – с. 37-45.

Effects of thermal and chemical treatment on the rheological properties and resumption pressure of high-paraffin oil transported by the «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva» oil pipeline

Lyusev V.V., Mikheev D.M., Tarsin A.V.
Scientific supervisors - Nekuchaev V.O., Borisova O.V.
Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

The Russian Federation occupies one of the first positions in the world for hard-to-recover oil reserves. Every year the share of abnormal oil in the total volume of oil production increases. LUKOIL-Komi LLC is developing 64 fields in the Komi Republic and the Nenets Autonomous District, whose oils belong to various types and classes and have a wide range of physical, chemical and rheological properties. The common feature of these oils is that they all are characterized by abnormality: high viscosity, positive pour point and high paraffin content. Transportation of such oils in difficult climatic conditions of the Far North is associated with technological problems when the oil cools down during its pumping below the crystallization temperature [1].

The purpose of work is to study rheological properties and to determine the resumption pressure of high-paraffin oil transported through the pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva», taking into account the influence of thermal and chemical treatment.

The interfield oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva» was put into operation in 2001 and is intended for transportation of oil blend of Yuzhno-Terekheveyskoye and Yuzhno-Lyzhskoye fields. Technical characteristics of this oil pipeline are shown in Table 1.

Table 1 – Technical characteristics of the oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva»

D _n , mm	δ, mm	L, m	Type of gasket	P design, MPa	Pipeline category
273	8	20800	underground	≤4,6	III

The resulting oil mixture is an oil emulsion (with water content up to 5%), highly paraffinic and highly solidifying. Properties of oil blend, pumped through the oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva», are shown in Table 2.

Table 2 – Properties of the oil blend of Yuzhno-Lyzhskoye and Yuzhno-Terekheveyskoye fields, pumped through the interfield oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva»

Indicator	Result
Density at T=20 °C	831,3kg/m ³
Mass fraction of paraffin	21,91%
Mass fraction of asphaltenes	0,32%
Mass fraction of resins	7,29%
Curing temperature	+ 35°C

In order to decrease solidification temperature and improve rheological properties of the pumped mixture, the depressant additive Flexoil CW 288 is introduced into the flow with a dosage of 35 grams per ton and oil heat treatment to 60-70 °C is performed. Scheme of chemical reagent injection and oil heating at Yuzhnaya Lyzha oil treatment unit during its pumping through the interfield oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva» is shown in Figure 1.

Four samples of transported oil were taken for comparative evaluation of the influence of oil treatment conditions:

- Sample №1 – initial blend of oils of the Yuzhno-Lyzhskoye and Yuzhno-Terekheveyskoye

fields, heat-treated at 50 °C;

- Sample №2 – oil, heat-treated at 60 °C;
- Sample №3 – oil, heat-treated at 65 °C with DA injection (35 g/t);
- Sample №4 – oil, heat-treated at 70 °C with DA injection (50 g/t).

Measurements of physical and chemical properties and rheological parameters of oil samples were carried out on the rotary viscometer Thermo Haake VT 550.

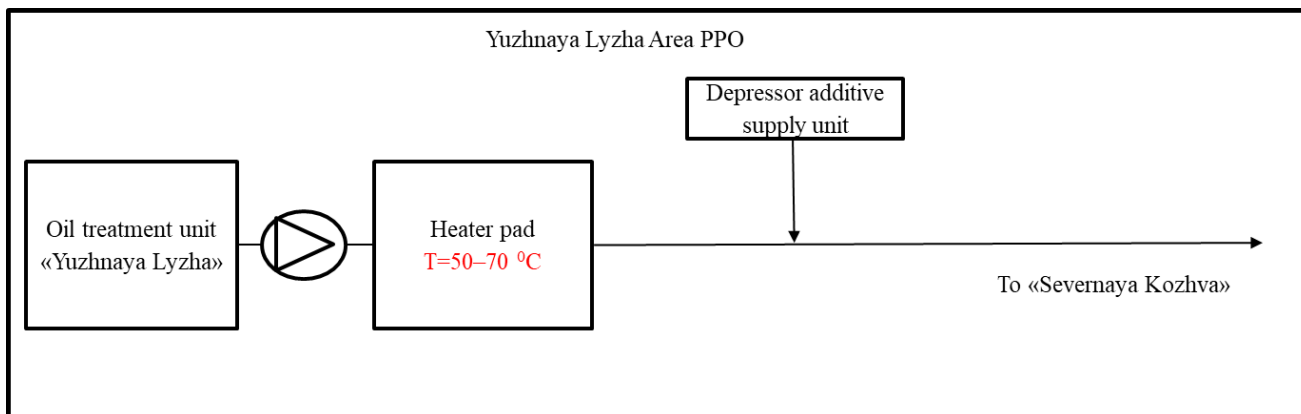


Figure 1 – Scheme of chemical reagent injection and oil heating at Yuzhnaya Lyzha oil treatment unit during its pumping through the interfield oil pipeline «Yuzhnaya Lyzha – Severnaya Kozhva»

Table 3 – Results of static shear stress (Pa) measurements of oil samples

t, °C	Sample №1	Sample №2	Sample №3	Sample №4
25	16,9	16,1	13,28	12
30	6,8	3,06	2,94	2,3
35	1,7	1,55	0,79	0,75
40	0,98	0,64	0,4	0,38
45	0,67	0,37	0,18	0,17
50	0,33	0,26	0,17	0,15

Table 4 – Results of dynamic shear stress (Pa) measurements of oil samples

t, °C	Sample №1	Sample №2	Sample №3	Sample №4
25	11,5	9,99	6,25	6
30	6,56	1,41	1,13	1
35	1,07	0,75	0,35	0,3
40	0,58	0,44	0,18	0,16
45	0,36	0,24	0,07	0,05
50	0,16	0,1	0,09	0,07

Table 5 – Results of dynamic viscosity (mPa*s) measurements of oil samples

t, °C	Sample №1	Sample №2	Sample №3	Sample №4
25	51,2	45,4	43,3	40
30	36,8	25,9	19,4	18
35	27,3	18,2	16	14,8
40	16,1	13,1	11,9	11
45	11,2	9,8	8,89	8
50	7,67	7,4	6,1	5,8
60	5,2	4,6	4,32	4
70	3,75	3,55	3,21	3

According to the results of measurements of rheological characteristics (Tables 3 – 5) there

were plotted the dependences of static, dynamic shear stress and dynamic viscosity of oil on the temperature (Figures 2 – 4). It follows from them that oil characteristics decreases with temperature increase and increase of depressor dosage. Therefore, Sample №4 has better rheological properties than the others.

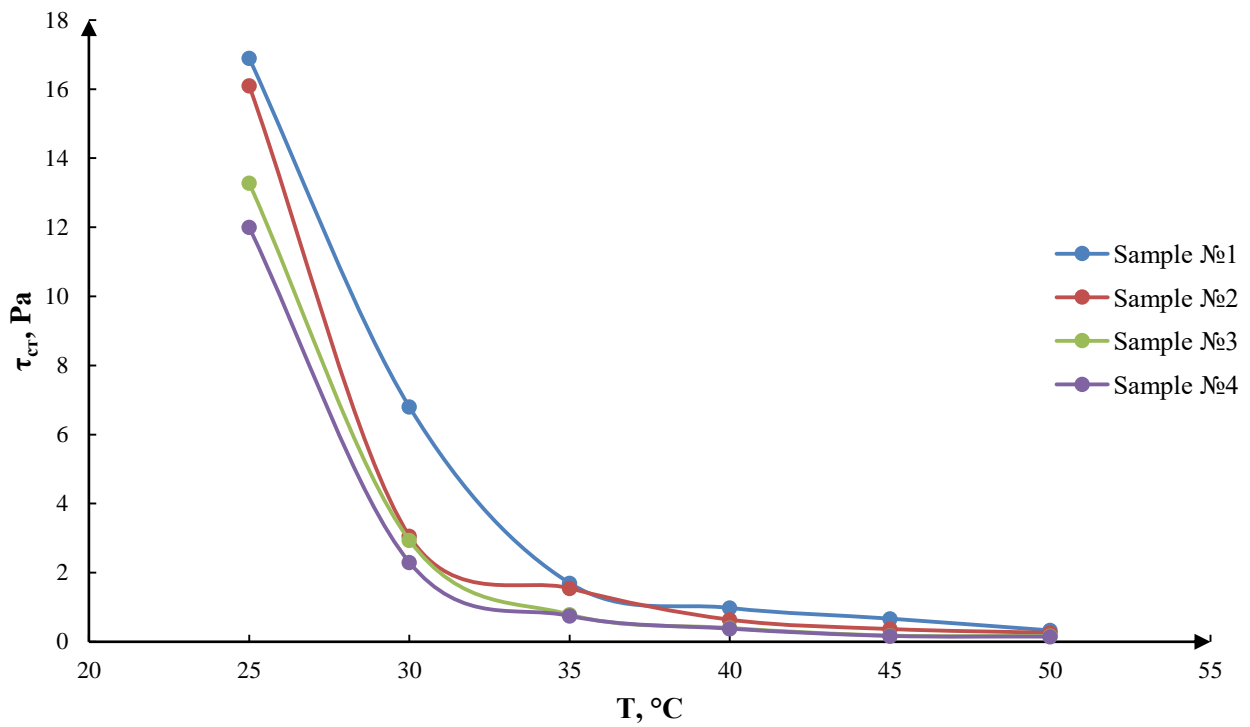


Figure 2 – Dependence of static shear stress on temperature

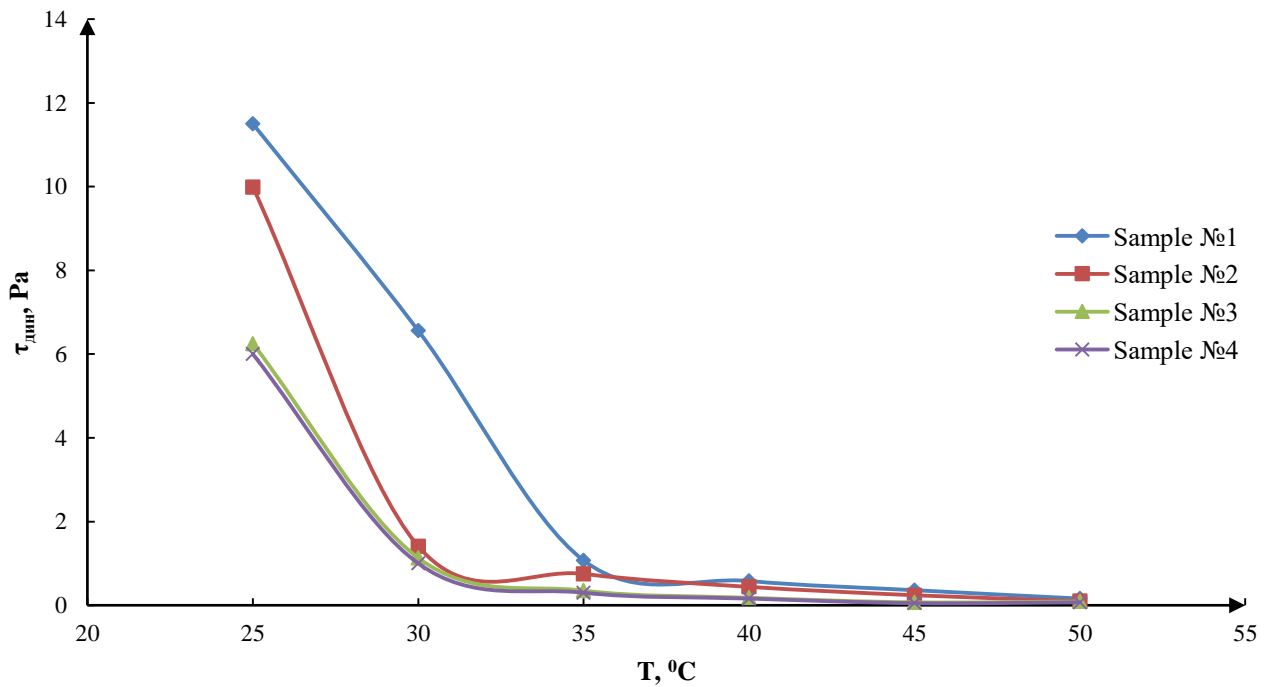


Figure 3 – Dependence of dynamic shear stress on temperature

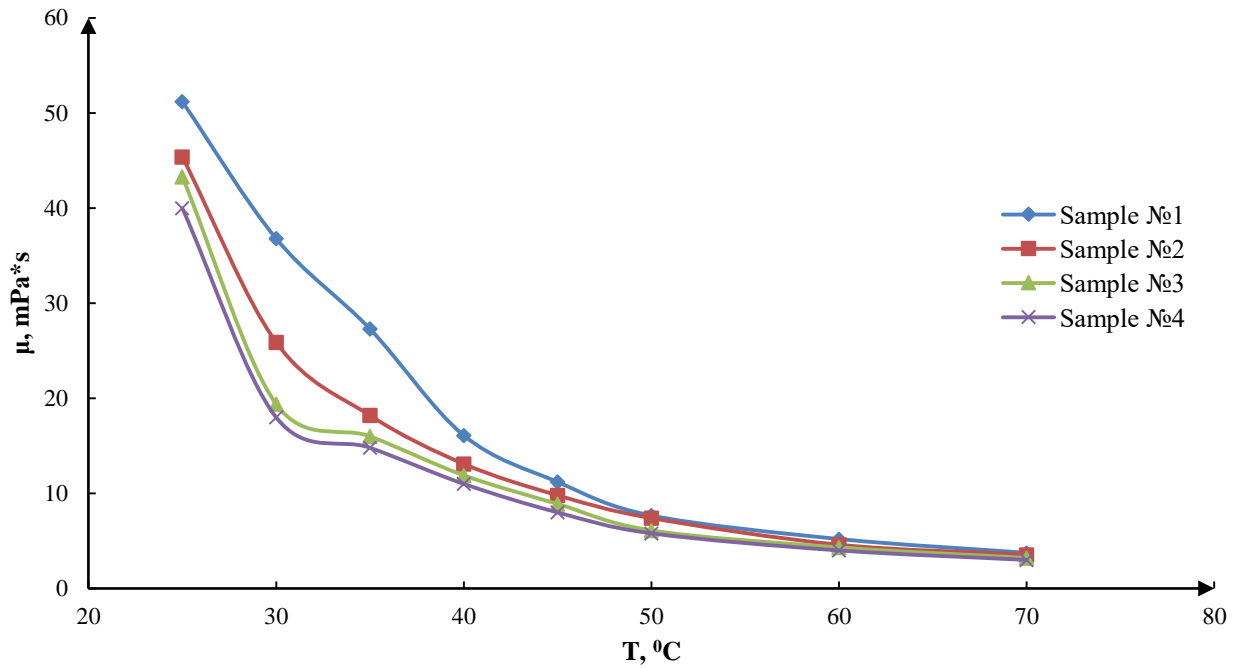


Figure 4 – Dependence of dynamic viscosity on temperature

To determine the static shear stress of paraffinic oil, a flow curve, on which 3 characteristic points on the shear stress axis for zero shear rate can be identified, is used. The static shear stress characterizes the stress at the initial moment of fluid flow, when the fluid is brought out of its resting state. The ultimate dynamic shear stress is the minimum stress required for the flow of a system with an already collapsed structure (Bingham model).

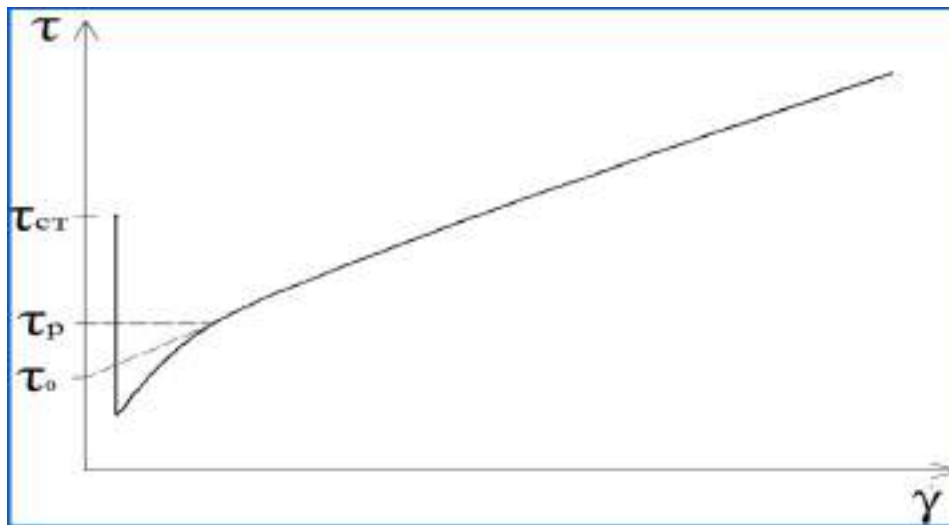


Figure 5 – The flow curve of a viscoplastic oil system: τ_{cr} – static shear stress; τ_0 – ultimate dynamic shear stress; τ_p – shear stress, at which the destruction of the structure ends

Normally, while calculating the shear pressure of solidified oil in the pipeline, the oil temperature in the pipe cross-section is assumed constant. In this case, the shear pressure can be calculated by the formula: [2]:

$$P_c = \frac{2L\tau}{R}, \quad (1)$$

where P_c is the shear pressure, τ is the initial shear stress, R and L are respectively the radius and length of the pipe.

It is known that the initial shear stress, according to Coten's formula, exponentially increases

with decreasing temperature:

$$\tau = \tau_0 e^{-\alpha T}. \quad (2)$$

Therefore, it may turn out that the shear stress of the cooled oil at the pipe walls will be quite large, while the more heated oil near the pipe axis will behave almost like a Newtonian fluid. When such a pipeline is started up, not the entire volume of oil in the pipe may come into motion, but only some part of the not yet cooled oil near the axis of the pipe.

The constants in Coten's formula were found for oil samples (Table 6) by approximating the dependence of static shear stress on temperature. Also plots of the dependence of shear pressure on temperature were constructed (Figure 6).

Table 6 – The constants in formula (2)

	τ_0, Pa	$\alpha, 1/^\circ\text{C}$
Sample №1	632,17	0,155
Sample №2	505,86	0,159
Sample №3	631,84	0,176
Sample №4	516,73	0,174

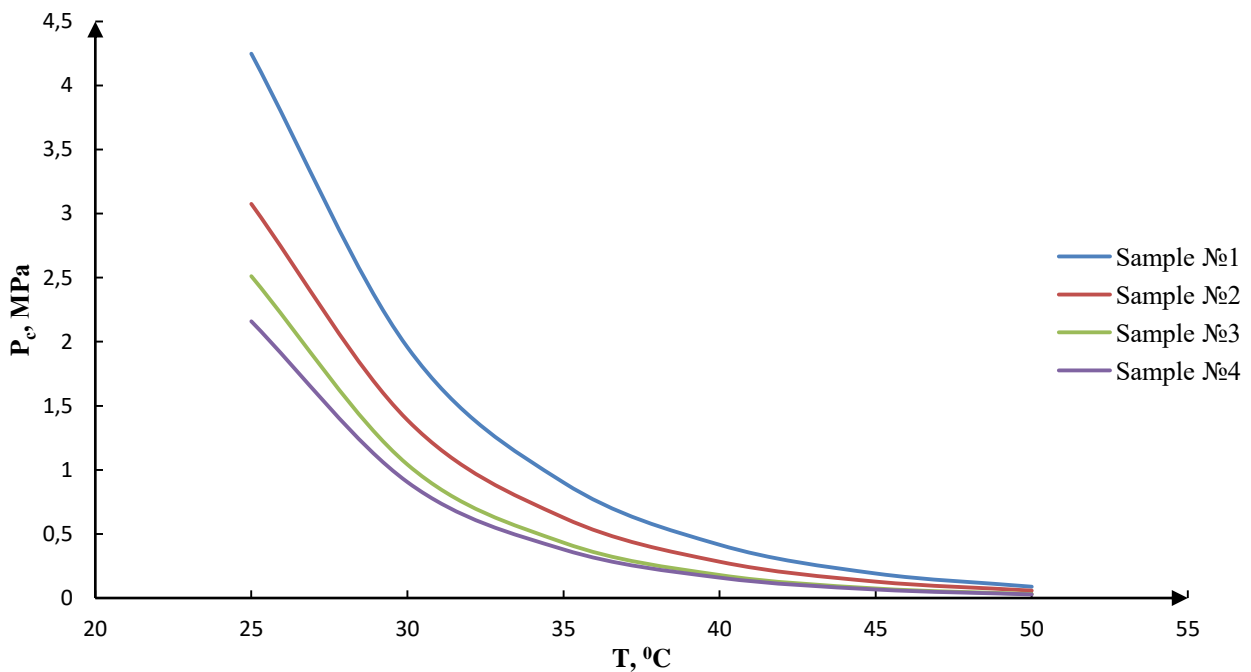


Figure 6 – Dependence of shear pressure on temperature

To qualitatively estimate the dependence of oil temperature on radius, we can numerically solve the thermal conductivity equation, neglecting for simplicity the heat release during crystallization of paraffins in oil and the dependence of oil temperature on pipe length.

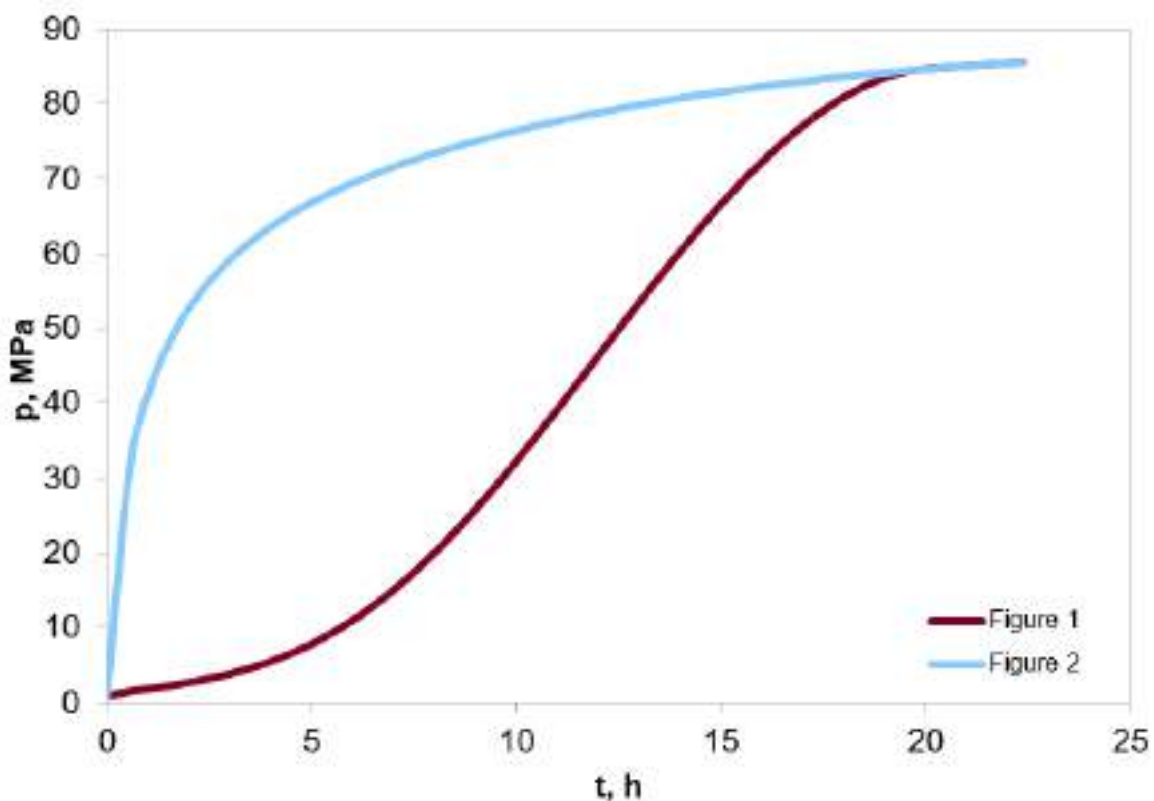
The most natural boundary condition for this problem is the third boundary condition, which takes into account the influence of the pipeline walls on the oil cooling process. The oil temperature gradient near the pipe walls is proportional to the difference between the oil temperature at the pipe wall and the ground temperature outside the pipe. To make calculations, we assume that the pipe radius $R = 0.1365 \text{ m}$, the initial oil temperature in the pipe is 35°C , and the ground temperature is 5°C .

If we take into account the heterogeneity of oil temperature along the pipe cross-section (oil temperature near the pipe walls may be significantly lower than its temperature in the pipe center), it may turn out that when the inrush pressure gradually increases, this pressure will be enough to shear the heated oil in the pipe center, but not enough to shear the colder layers near the pipe walls. In this case, the initial shear pressure will be significantly lower than the shear pressure obtained by assuming that the oil temperature in the whole pipe cross section is equal to the oil temperature at the pipe wall,

which is clearly visible in Figure 7.

Thus, with the increasing temperature of heat treatment and the dosage of depressant additive in transporting oil of Yuzhno-Lyzhskoye and Yuzhno-Terekheveyskoye fields, improvement of rheological properties and, consequently, reduction of starting shear pressure are observed. The relative decrease in shear pressure of the second sample in relation to the first was 31 %, the third – 56 % and the fourth – 61 %.

The initial shear pressure at gradual inhomogeneous cooling of stopped oil along the pipe radius if we take into account the temperature dependence of initial shear stress will have minimum value not for the pipe wall, but for a certain smaller value of the radius. The shear pressure value along this radius will itself be lower than the shear pressure along the pipe radius for the given time of oil cooling.



graph 1 – when taking into account heterogeneity of the oil temperature across the pipe cross-section;
graph 2 – assuming that the oil temperature across the entire pipe cross-section is equal to the oil temperature at the pipe wall

Figure 7 – Dependence of the minimum initial shear pressure on time.

Increasing the depressor dosage from 35 g/t to 50 g/t slightly reduces the dynamic viscosity, static and dynamic shear stress. With oil heating temperature at 70 °C and irregular dosing of the reagent, the use of depressor slightly reduces the shear stress and viscosity characteristics of the oil.

References:

1. Study of the causes of reducing the efficiency of depressor additive during pumping of paraffinic oils / A. Lyapin, V.O. Nekuchaev [et al.] // Science and technology of pipeline transport of oil and petroleum products. 2020. T. 10. № 2. C. 157-163.
2. Degtyarev, V. N. Issues of start-up of an oil pipeline with paraffin oil after its long stop. Series "Transport and storage of oil and oil products". [Text] / V. N. Degtyarev. - M.: RNTS, VNIIOENG, 1982. - 61 p.: ill.
3. Report on the results of application of reagents of JSC "Champion Ex-Element" during oil transportation through the interfield pipelines of TPP "LUKOIL-Ukhtaneftegaz" in 2020. - 139 c. : ill.

Methods of creating artificial oil

Palamarchuk V.I.

Научный руководитель - Жангабылов Р.А.
Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

Oil is one of the general type of resources for the world economy. We can get a lot of different things from oil. These are not only petrol, kerosene, diesel fuel but also other useful products such as plastics, medicines, clothes and etc. But oil is a non-renewable resource and it will run out after a while. In addition, according to the forecast of the International Energy Agency, oil consumption is only increasing. But there are large reserves of unconventional oil in the earth's interior. Using unconventional oil will initiate increasing organic product prices. Because it requires special difficult technologies to produce this type of oil. So scientists around the world are looking for a way to get artificial oil. Artificial oil is any kind of liquid fuel obtained by chemical synthesis of biomass, refuses and others organic products.

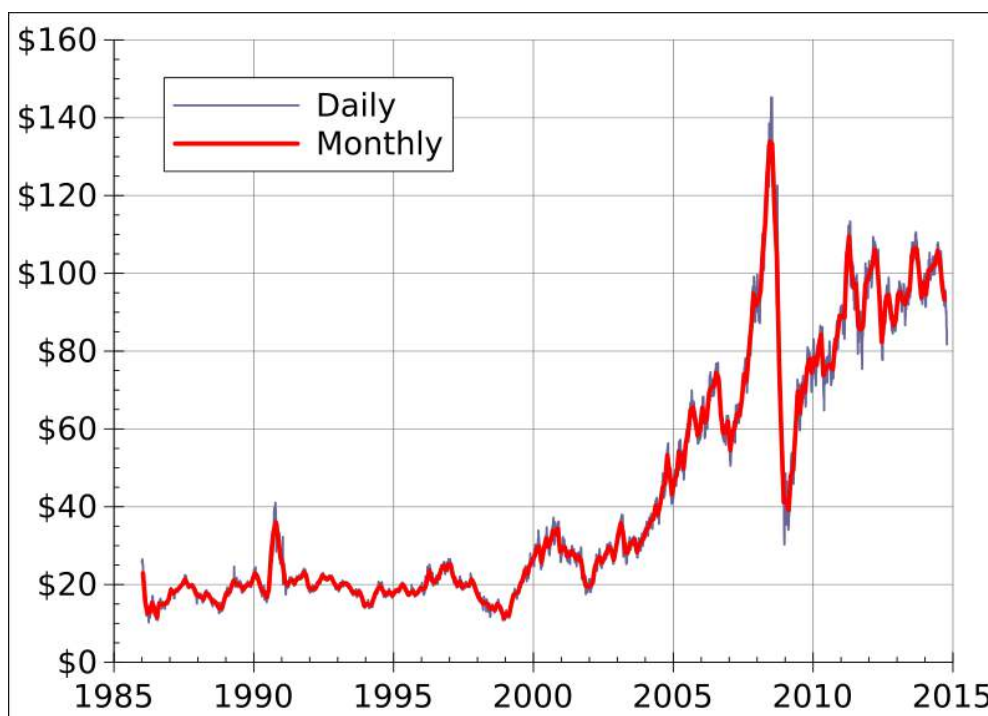


Figure 1 – Oil price dynamics

Many countries around the world are making more and more demands on quality and environmental safety of fuels. So, energy companies pay more attention to the possibility of the producing liquid synthetic kinds of fuels. It will be actual for countries where there are almost no oil reserves. Due to this production, they can be less depended on import. It also is good for resource-rich countries because it allows to solve problem of limited resources and get oil stocks without impurities. That in turn allows to decrease refining expenses. In Russia using this method, it will be possible to obtain liquid fuel fractions from coal sludge and dumps without harming the environment. It will help solve the problem of fuel transportation in the Extreme North. As a result of producing liquid synthetic fuel, profitable products will be releasing and the problem of environmental pollution will be solving.

How can we make artificial oil? At first, consider the theories of the origin of oil. These theories are abiogenesis and biogenesis. Biogenesis suggests that oil is formed from biological matters of plants and animals, which laid at the bottom of the seas and oceans. These matters become subjected to high temperature under the absence of oxygen. In this way, they released hydrocarbons at a depth of more than 3000 meters and filled cavities in the rocks. Today it is called oil and gas fields. Abiogenesis or the theory of inorganic origin of oil suggests that oil is formed by chemical reaction of water and iron carbide and low temperatures in the earth's interior. Russian chemist and inventor Dmitri Ivanovich Mendeleev proved this hypothesis in

laboratory conditions, but many geologists refuted it. In addition, according to the calculations of geophysicists, oil is recovered too slowly by the inorganic method. So nowadays, many scientists think that biogenesis is the most perspective oil generation path for researches.

A team of researchers led by University of Kentucky College of Agriculture Professor Joe Chappell found out that all oil samples of our planet contained genome of the water plant - *Botryococcus braunii*. *Botryococcus braunii* belongs to the group of green algae (Chlorococcales). This water plant can synthesize special “Algae oil” and lets it out into the environment. This oil is used for keeping on the water surface. The most interesting feature of this “Algae oil” that it chemically resembles hydrocarbons. So, under high temperatures and pressures, it can turn into fuel. Humanity should start production of *Botryococcus braunii* instead spending a lot of money for reservoir exploration and well drilling.

But *Botryococcus braunii* grows up extremely slowly and this is a serious problem. It is incredible to produce artificial oil using this water plant. But there is a solution to this problem. Scientists know well which genomes of this alga are responsible for the production of hydrocarbons. So it is possible to create them artificially and introduce them into the other organisms. For example, into yeast’s cells.[3].

Using *Botryococcus braunii* genes into yeast’s cells has huge benefits. Because yeast is a fast-growing, simple organism that will make it possible to produce the necessary fuel.

The Fischer–Tropsch process was developed by two German scientists, Franz Fischer and Hans Tropsch, working at the Kaiser Wilhelm Institute in the 1920s. At the time there was a shortage of oil in Germany, forcing research into alternative ways of producing liquid fuels. However, there was a lot of coal, and Fischer and Tropsch discovered a way to convert coal to a mixture of gases (syngas) and then to liquid hydrocarbon fuel: gasoline, diesel and kerosene. The Fischer–Tropsch process is a series of chemical reactions that produce hydrocarbons. These reactions occur in the presence of metal catalysts, usually at temperatures of 150–300 °C and pressures of one to several tens of atmospheres. To do this, steam is blown through a layer of hot coal. The product of this operation is a mixture of carbon monoxide and hydrogen. A mixture of carbon monoxide and hydrogen is called syngas. Finally, syngas is cleaned to obtain the target product - synthetic gasoline, lubricating oils, paraffin and etc. The liquids produced make very clean fuels. The product is near zero sulfur and low in aromatic compounds.[2].

Table 1 shows typical characteristics of synthetic and mineral oils.

Table 1 - typical characteristics of synthetic and mineral oils

Characteristics	Arab light oil	Brent oil	Synthetic oil, obtained by the Fischer–Tropsch process
Density, kg/m ³	860	830	790
Sulfur content, ppm	19000	4000	< 10
Nitrogen content, ppm	1100	1300	< 10
Diesel fractions content, %	46	49	52

Synthetic oil is superior to mineral oil. Because it contains less nitrogen and sulfur than other oils. But there are problems with the production of this oil. It requires too much water – about 5-7 units per unit of fuel and doesn’t give heavy fuels such as mazut, asphalt. As well, coal is an important resource and the production of this type of fuel involves the transition from one type of limited resource to another. It doesn’t solve the problem of limited resources. But if the reserves of mineral oil are almost depleted and the economic costs of oil production are colossal, this way of obtaining synthetic fuel can be actual.[4]

Most modern polymers are produced from hydrocarbon compounds. It is common knowledge that the process of producing a plastic bottle from oil is irreversible, but there is a known way to reverse this process using the process of depolymerization - pyrolysis. Pyrolysis is the chemical decomposition of organic materials through the application of heat in the absence or near absence of oxygen. Pyrolysis is one of several ways of production of liquid fuel from organic products. The technological process of pyrolysis consists of several stages:

At the first stage, waste goes through the sorting. If the main task is to obtain high-quality products, then it is necessary to separate by types of plastic (LDPE, PP, PS, PET, etc.) So the thermal

decomposition process will be stable if the raw materials are as homogeneous as possible. Then plastic waste is washed and crushed in grinders. The crushed pieces of waste are fed into the furnace. When it is heated to a temperature of about 300 ° C, the mass melts and becomes liquid. Gaseous products begin to separate from the mass and the reactions of hydrogen elimination proceed. Combustion products condense on the heat exchanger and separated into fractions in a gas-liquid separator.[1]

We can get the following useful products from gas-liquid separator:

- Pyrolysis gas. It is not collected for future use. It is fed directly to the furnace. The composition contains a mixture of ethylene, propylene, and hydrogen. So the plant is almost autonomous.
- Fuel boiler.
- Dry coke residue. It is chemically inert material, does not harm health and ecology. It can be used in construction and soil filling.
- Warm generated in the process is used to heat the buildings.
- Petrol. Obtaining a gasoline fraction can reach up to 80% of the mass of the feedstock, but such gasoline cannot be used without additional purification.

Unfortunately, the fuel obtained in this way, even with deep cleaning, is unsuitable for use.

Pyrolysis is not only a promising process for recycling plastic waste but also a method for producing synthetic fuel. It is currently being used as a disposal method. But advancing technology and learning the fundamentals of this process will help optimize it and make it more accessible. The ideal option for the Russian conditions would be the organization of a mini CHP on plastic waste with the collection and purification of pyrolysis products.

Artificial oil has more advantages than traditional oil. Because artificial oil production can help to solve a problem of limited resources and allows to get fuel without impurities by using organic products. But technologies of producing artificial oil such as pyrolysis, fischer–tropsch process, and introducing the genome of botryococcus braunii into the other organisms are too difficult. And further development of these technologies makes it accessible and more profitable than unconventional oil production.

References:

1. Antal, M. J. (1978). Fuel from waste. A portable system converts biowaste into jet fuel and diesel for the military. Hemisphere. p. 3203.
2. Becker, Peter W. The Role of Synthetic Fuel In World War II Germany: implications for today?. Air University Review. Maxwell AFB. Archived from the original on 2013-02-22. pp - 210
3. Lapedes, Daniel N. (1976). McGraw-Hill encyclopedia of energy. McGraw-Hill. p. 377. ISBN 978-0-07-045261-9.
4. Speight, James G. Synthetic fuels handbook: properties, process, and performance. McGraw-Hill Professional. pp. 1–2, 9–10. ISBN 978-0-07-149023-8.

УДК 622.33:004

Международное сотрудничество в области цифровой трансформации нефтяного бизнеса и нефтегазового образования

Иддрис Р.

Научный руководитель – Андрухова О.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время в условиях неопределенности внешней среды, активного процесса деглобализации международного пространства, наличия конкурентных преимуществ и способов укрепления национальной безопасности государства необходимо ясное понимание направлений дальнейшего международного сотрудничества в области цифровой трансформации как нефтегазового образования, так и нефтяного бизнеса в силу их взаимосвязи и взаимообусловленности. На уровне государства, корпоративного сектора и образовательной среды важно понимать то, каким образом будет осуществляться столь интегрированный процесс

в нефтяной отрасли страны и какова степень его интегрированности. Объектом изучения выступает цифровизация взаимосвязанных областей - образования и бизнеса. Предметом исследования является международное сотрудничество в области цифровой трансформации нефтяного бизнеса и нефтегазового образования. Автором исследуется прогнозная оценка в международном сотрудничестве в нефтяной отрасли и нефтегазовом образовании.

Цифровые технологии выросли в геометрической прогрессии, и их использование стало глобальным. Технологическая революция в нефтегазовом секторе вкупе с изменением стратегий компаний, находящихся в авангарде использования цифровых технологий, значительно повысили роль глобальных платформ, в результате чего не более двадцати или около того корпораций, базирующихся в двух или три мировые державы обладают чрезмерной экономической и политической властью с рыночной капитализацией в 1 триллион долларов и более. Отсюда важность продвижения эффективного и действенного проектирования образовательного пространства на международном уровне. В данной статье рассматривается, насколько цифровая трансформация и ИТ-продукты вызывают интерес у многих игроков нефтегазовой отрасли, что привело к сотрудничеству и взаимозависимости между ними.

На пути к устойчивому цифровому сотрудничеству

Сеть глобальных экономических связей становится все глубже, шире и сложнее. Тем не менее, большая часть общественных дискуссий, связанных с глобализацией, сосредоточена на узкой теме торгового профицита и дефицита. Такой подход не учитывает новую и более сложную реальность глобальной экономики, связанную с цифровыми технологиями. В то время как мировая торговля товарами и финансовые потоки сократились после Великой рецессии, трансграничные потоки данных быстро растут. Теперь они связывают мировую экономику воедино так же надежно, как недостатки традиционных промышленных товаров. Нефтегазовая отрасль не имеет ограничений в этом отношении с точки зрения внедрения технологий, и обмен знаниями и опытом никогда не прекращается. Это означает, что отрасль может справиться с проблемами, с которыми она сталкивается, и разрабатывать новые решения. Уже ясно, насколько технологические и ИТ-продукты вызывают интерес у многих игроков отрасли, что привело к сотрудничеству и взаимозависимости между ними.

Круговая совместная экосистема

Интегрированные цифровые платформы расширили сотрудничество между участниками нефтегазовой экосистемы, одновременно ускоряя инновации, снижая затраты и делая операции прозрачными.

Непрерывные инновации всегда были основополагающими для нефтегазовой отрасли, но цифровизация открывает возможности для совместных инноваций. Цифровые платформы позволяют нефтегазовым компаниям лучше взаимодействовать со своими поставщиками, клиентами и обществом в целом. Создавая "верхний уровень" обмена информацией по всей отрасли, участники экосистемы смогут сотрудничать более продвинутыми способами. Например, "сообщества по интересам" в рамках экосистемы могут работать вместе, чтобы улучшать дизайн и быстрее внедрять инновации, от генерации идей до создания взаимовыгодных проектов. Инициативы такого рода открывают путь для безопасных и прозрачных операций, расширения партнерских отношений в сфере услуг, активного взаимодействия, оптимизации баланса спроса и предложения в режиме реального времени, а также снижения затрат.

Практический пример: Нефтегазовые компании Северного моря – Сокращение сроков выполнения заказов и стоимости запасов за счет сотрудничества. Подстегиваемые резким падением и продолжающимся падением цен на нефть, производители нефти и газа в Северном море объединили усилия для создания общей онлайн-торговой платформы для управления инструментами и запасными частями. Они создали пул запасных частей, начиная от гаек и винтов и заканчивая клапанами и компрессорами, а также каталогизировали и хранили более 200 000 деталей на складах в Абердине, Шотландия. Модель совместной работы, управляемая через общую платформу, созданную Ampelius Trading, помогла компаниям сократить время выполнения заказа и затраты на запасы запасных частей. Проект поддерживается отраслевой рабочей группой по эффективности, созданной компанией Oil and

Gas UK в сентябре 2015 года [1]

Подчеркивая преимущества наличия общих цифровых платформ во всей отрасли, две инициативы коренным образом меняют то, как операторы нефтегазовой отрасли взаимодействуют с более широкой экосистемой: балансировка спроса и предложения в реальном времени (с помощью технологии 3D-печати) и обмен цифровой информацией и прозрачность операций (с использованием технологии блокчейн).

В недалеком будущем 3D-принтеры могут превратить цепочку поставок в глобальную, но в то же время полностью локальную. По сути, 3D-печать создает тесную взаимосвязь между дизайном, инжинирингом, маркетингом и производством, открывая возможность перенести часть производства из стран с низкой заработной платой ближе к клиентской базе в развитых странах. Это позволило бы компаниям реагировать быстрее, но также могло бы оказать влияние на операторов нефтегазовой отрасли. По мере роста технической сложности и масштабов деятельности отрасли возрастает спрос на запасные части на удаленных производственных площадках.

Традиционный подход к поставке этих деталей – доставка их с централизованного склада – может занять несколько дней и привести к огромным затратам (до 1 миллиона долларов в день во время бурения и до 300 000 долларов в день после завершения бурения). Эта технология могла бы принести большую пользу нефтегазовой промышленности:

- В апстрим-сегменте самые очевидные преимущества 3D печать относятся к оптимизации и сжатию питания цепные операции: смена точки производства, сокращение складских издержек, минимизация сроков поставки раз и значительно сократить дорогостоящее время простоя на возможность производства машин по запросу на месте компоненты.

- 3D-печать запасных частей по мере необходимости снизит уровень запасов примерно на 2%, а стоимость ремонта, обслуживания и транспортировки деталей — примерно на 3%.

Обмен цифровой информацией и операционная прозрачность с помощью блокчейнов и смарт-контрактов.

Блокчейн - это форма цифровой бухгалтерии с тройной записью. Он действует как база данных, так и сеть, позволяя передавать как данные, так и ценности через распределенную систему, которая запускает, записывает и сравнивает несколько копий защищенных зашифрованных транзакций; это происходит практически в режиме реального времени на нескольких компьютерах (рис. 1). Ни одна отдельная машина не содержит всей информации, необходимой для извлечения информации и ценности из транзакции. Единственный способ убедить систему поверить в ложную передачу - это получить контроль над более чем половиной устройств в сети. Таким образом, чем больше устройств запускают программное обеспечение блокчейна, тем более безопасным оно становится.

В настоящее время для разработки нефтяного месторождения или платформы может потребоваться закупка тысяч деталей у сотен поставщиков. Эта сложность может затруднить отслеживание рисков и ответственности, что приводит к сложностям при обмене конфиденциальными данными. В то же время может быть сложно отследить денежные потоки, протекающие через эту огромную систему контрактов и поставщиков, что увеличивает риск коррупции и незаконного вывода ресурсов. Смарт-контракты — это компьютерные программы для облегчения переговоров и обеспечения соблюдения соглашений, основанных на технологии блокчейн. Они позволяют в режиме реального времени отслеживать договорные обязательства и ответственность, а также движение денег по цепочке поставок. Добавляя таким образом прозрачность нефтегазовым операциям, они создают «единый источник правды» в отраслевой экосистеме.

Кроме того, поскольку блокчейн предлагает простой способ передачи информации и автоматически отслеживает каждую транзакцию, он позволяет автоматизировать некоторые инициативы по цифровой трансформации бухгалтерского учета, финансов и соответствия требованиям: 21 задача в нефтегазовой отрасли, снижая операционные расходы и частоту транзакционных ошибок. В более широком смысле любая конфиденциальная административная документация может обрабатываться более эффективно и дешево. Транзакции на блокчейне также легко поддаются трансграничным транзакциям, распространенным в сильно глобализированной нефтегазовой отрасли. Товарные рынки также могут извлечь выгоду, перейдя на блокчейн-платежи и

снизив стоимость платежных транзакций.



Рисунок 1 - Торговля финансами на блокчейне

Чтобы подтвердить многие предположения, лежащие в основе концепции и технологического решения, INC объединилась с Mercurial.

Они запускают инициативу как стартап, который включает команды в инновационной лаборатории банка и включает экспертов по правовым вопросам, отраслевые организации и других участников рынка.

Цель сейчас состоит в том, чтобы подтвердить некоторые обещания платформы DLT (технологии распределенного реестра), которые включают:

- Продавцы быстрее получают свои деньги, а покупатели быстрее получают свой товар
- Снижаются риски мошенничества, курьерской доставки, простоя, производительности, операционные и кредитные риски
- Можно снизить эксплуатационные расходы, например, на персонал, обработку бумаги, курьеров
- Финансирование может быть сделано более безопасным

Всемирно признанное цифровое нефтяное образование

Нынешняя модель мировой нефтяной экономики, основанная на потреблении сырья и производстве, находится на пороге модернизации в новую модель - модель цифровой нефтяной экономики. Модель цифровой нефтяной экономики основана на потреблении интеллектуальных ресурсов и выпуске цифровых продуктов. Ключевые области цифровой нефтяной экономики: Искусственный интеллект, Интернет вещей, беспилотные летательные аппараты, самоуправляемые электромобили и кибербезопасность. Учитывая эти факторы, нефтяное общество сталкивается с проблемой подготовки необходимого количества персонала для нужд цифровой нефтяной экономики, а также с проблемой занятости той части населения, которая потеряет работу из-за цифровизации. Тем не менее, можно сделать вывод, что необходимо внедрять новую систему повышения квалификации, активно используя цифровые образовательные технологии. Новая система, основанная на цифровых услугах (Digital Petroleum University [2]), которая обеспечит полный жизненный цикл подготовки сотрудников для рынка цифровой нефтяной экономики, а также значительно сократит время и затраты на

обучение и повысит его эффективность. Цифровое нефтяное образование сегодня - динамично развивающееся, но в то же время уже сформировавшееся направление. Существуют два наиболее распространенных стандарта создания образовательного контента.

Формирование матрицы компетенций, образовательных программ невозможно без экспертного нефтяного сообщества и человеческого участия на международном уровне. Основываясь на разработанной методологии, можно постепенно внедрять сервисы автоматизации определенных функций цифрового нефтяного университета. Автоматизация в первую очередь затронет формирование матрицы компетенций, разработку образовательных программ и построение персональных учебных планов. Системы должны разрабатываться на основе анализа данных и машинного обучения, которые должны отслеживать информационное пространство сети, а также на основе научных статей о нефти, прорывных стартапов, технологических идей в области нефти и потребностей инновационных предприятий на глобальной платформе, которые определяют требуемые компетенции.

Библиографический список:

1. Аллан, Фил, «Операторы Северного моря объединяются для сокращения складских запасов», Energy Voice, 21 марта 2016 г. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://www.energyvoice.com/oilandgas/north-sea/104585/north-seaoperators-team-reduce-warehouse-снабжать/>.
2. Кожевников Н.А., Пустовой Т.В., Еремин Н.А. О нефтегазовом сетевом университете // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. № 10. С. 41-47.
3. Upgrading education with technology: Insights from experimental research. // Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P., & Quan, V. — Journal of Economic Literature, 58(4), 897-996, 2020.

УДК 378.12

Competence based approach in the higher education system

Polyakov A. ¹, Abbasov H. ²

1 – Usinsk Branch of Ukhta State Technical University; PhD student of St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,

2 – The Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Today, many foreign and domestic scientists talk about the discrepancy between the modern education system and the social development current stage, in particular, in Russia. Being a social elevator, higher education today provides an opportunity for a specialist to take his position in the social structure in accordance with the acquired competencies and personal qualities. The fast development of technology, science and other areas require relevant and deep knowledge from a specialist. That is why the modern system of higher education directly affects the future personnel quality and competence in various spheres of public life. Critical thinking, deep knowledge of their field, skills and abilities that should be used by specialists in solving socially significant problems – all of them are impossible without a well-developed, relevant system of higher education in the state.

The competence-based approach came to the Russian education system from the Western European system of vocational education, becoming a new phenomenon in Russia at the turn of the 20th - 21st centuries. Today, Russian scientists interpret the term “competence” in different ways, which is why it is impossible to talk about a unified Russian school of the competency-based approach. The competence based approach is an essential part of the modernization the Russian higher education system. This brings to the foreground “the formation degree of professional and general cultural competencies, realizing this by solving situational learning tasks” instead of the usual assessment of acquired knowledge, as E.V. Kiseleva [1].

In the modern system of higher education, it is generally accepted that the competence-based approach allows prioritizing education on its results: the formation of the necessary general cultural and professional competencies, self-determination, socialization, development of individuality and

self-actualization.

The starting search point for a new type of education system was the Bologna process, which presented new concepts and theories of the educational development in different countries in the post-industrialization society context. The main objectives of the Bologna Declaration were:

- ‘Adoption of a system of easily readable and comparable degrees, also through the implementation of the Diploma Supplement, in order to promote European citizens employability and the international competitiveness of the European higher education system;

- Adoption of a system essentially based on two main cycles, undergraduate and graduate. Access to the second cycle shall require successful completion of first cycle studies, lasting a minimum of three years. The degree awarded after the first cycle shall also be relevant to the European labour market as an appropriate level of qualification. The second cycle should lead to the master and/or doctorate degree as in many European countries;

- Establishment of a system of credits - such as in the ECTS system - as a proper means of promoting the most widespread student mobility. Credits could also be acquired in non-higher education contexts, including lifelong learning, provided they are recognised by receiving Universities concerned.

- Promotion of mobility by overcoming obstacles to the effective exercise of free movement with particular attention to: 1) for students, access to study and training opportunities and to related services; 2) for teachers, researchers and administrative staff, recognition and valorisation of periods spent in a European context researching, teaching and training, without prejudicing their statutory rights;

- Promotion of European co-operation in quality assurance with a view to developing comparable criteria and methodologies;

- Promotion of the necessary European dimensions in higher education, particularly with regards to curricular development, inter-institutional co-operation, mobility schemes and integrated programmes of study, training and research’ [2].

Taking into account the thesis “lifelong learning”, the concepts presented at the Bologna Process already had a competence-oriented content.

Today, the interpretation of the term "competence based approach" in different countries causes differences in approaches. Therefore, it is necessary to consider the key approaches in the world to the "competencies" term definition.

USA. Behavioral Approach

Thus, the approach originally proposed by David McClelland and Richard Boyatzis was a consequence of the behavioral approach development in the United States in the 1970s [3]. At that time, the assessment of specialist’s IQ and academic achievements was an insufficient indicator of his work effectiveness. Therefore, the term “competence” was developed and introduced into circulation. Its essence is still interpreted by American scientists today as “the interaction of a person with the outside world”. The competency model he proposed is shown in Figure 1.

The development of special tests and characteristics assessment that were not associated with grades and the erudition level led to the identification of an effective specialist’s new skills and properties such as social skills, self-awareness, self-control, and everything that is not related to cognitive skills. The training result was planned as a model of a graduate who will develop his personal abilities and professional competencies in the process of learning. They are understood as the graduate ability to use the acquired knowledge and skills in real life and practice.

David McClelland has written about new testing methods such as the Behavioral Event Interview (BEI), which was derived from Flangan's Critical Incident Technique (CIT) and the Thematic Apperception Test (TAT), which has been used for many years in the study of motivation [4] [5]. McClelland applied BEI in the specialists selection for the US State Department diplomatic service. Academic achievements and grades at the university provide a certain basis. Then the graduate becomes a specialist in his field. However, what makes the best employees stand out from the average ones? McClelland's individual approach made it possible to highlight the diplomat’s key competencies in the following way:

Intercultural, interpersonal receptivity. The ability to communicate with foreigners who have their

own culture and traditions. A specialist needs to have a certain empathy and social susceptibility for an objective assessment of the foreign colleagues' words and actions as well as for predicting their reaction.

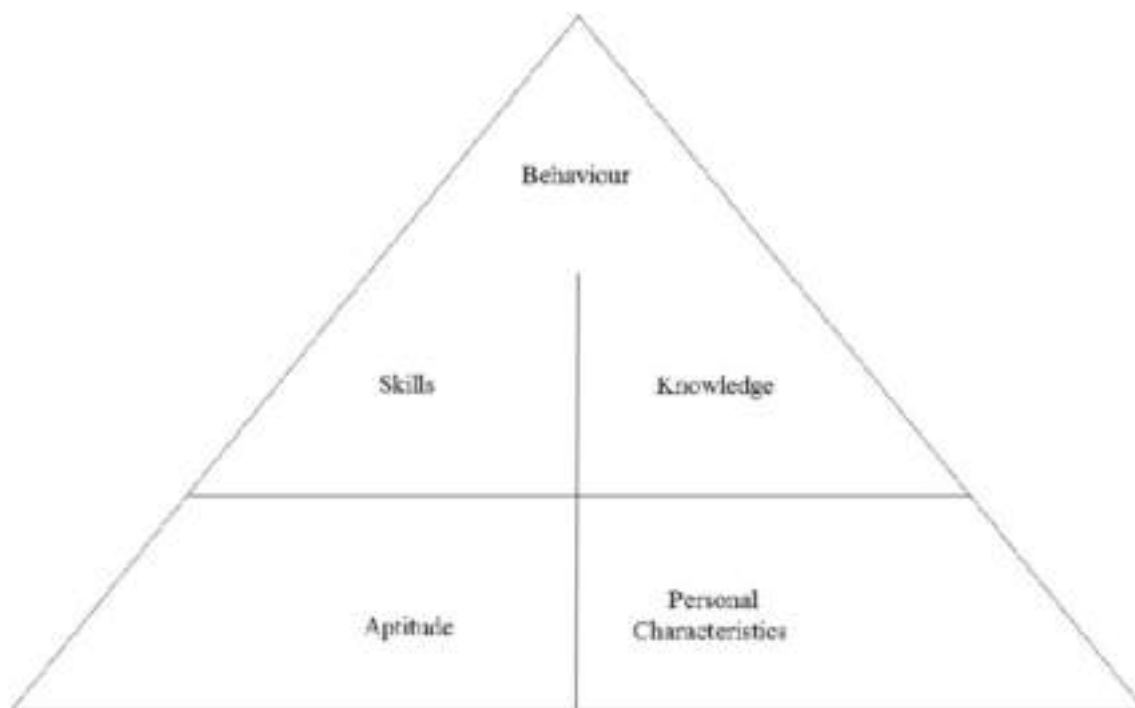


Fig. 1. McClelland's Competence Pyramid Model (Source: McClelland, 1973)

Positive expectations from others. A diplomat must maintain a positive mindset and have respect for everyone without exception. This is an indicator of the diplomat professionalism.

The comprehension speed of political communication processes. To achieve diplomatic goals, it is very important for a specialist to have manipulative skills and the ability to quickly understand the schemes of influence while lobbying their political interests [3].

In that way these competencies highlight the best specialist in the diplomatic field, regardless of the existing academic background. Hence the competency based approach is continuously connected with the behavioral approach in the modern American system of higher education, and all competency-oriented concepts implemented in the USA today are based on behaviorism. The European approach to the definition of the competency model is significantly different, demonstrating a deeper interpretation of the term “competence”.

The United Kingdom

In the UK, the importance of knowledge and skills along with social functions in addition to the behavioral skills of a specialist is noted, presenting its competence based integrated model. In contrast to the American approach the British way is focused on the subject matter as well as the specialist professionalism. G. Cheetham and G. Chivers also offer an integrative model of professional competence [6].

The functional approach includes five groups:

1. Cognitive competencies (acquired knowledge and information);
2. Functional competencies (skills);
3. Personal (behavioral) competencies;
4. Ethical competencies (validity of decisions);
5. Meta-competencies (perception of criticism).

In the UK, the interpretation of competence has evolved, absorbing some of the professional skills and specialist's abilities along with the social skills. Therefore, the UK higher education system considers the competencies of future specialists as acquired skills and abilities necessary to perform the functional activities within the profession.



Fig 2. UK Training Board Competency Model

France

The competency-based approach began to develop in a different way in France. Having absorbed American and British studies, the French competency model has become a kind of integration of the US behavioral model and the functional competencies of the UK.

This model has three groups of competencies:

- Theoretical competencies - knowledge (*savoir*);
- Practical competencies - functional (*savoir-faire*);
- Social competencies - behavioral component (*savoir-être*).

Thus, the behavioral approach to students prevails in the US education system, the functional one and aimed at the future personnel professional skills and abilities is superior in the British educational tradition, and the integrated and holistic approach prevails in the French tradition.

Russia

For the Russian educational tradition, the competence-based approach has a deeper structure. Despite the fact that the terms "*компетенция*" and "*компетентность*" are significantly different, in the Western sense, these concepts can still be interchanged, having one word "competence". The competence-based approach conception is directly related for the Russian education system to the definition of the terms "*компетенция*" and "*компетентность*".

Since this approach came to the Russian education system relatively recently, scientists have not yet deduced a unified formula for determining the competence-based approach. A particularly important methodological problem is the definition of the structure of "*компетенция*" and

"компетентность". So, Bozhko and Ilnar say that Russian scientists single out the main thing in this structure - knowledge, skills and abilities [7]. Then, various components can be added to these components, such as creativity, ethical values, communication skills and other personal qualities.

Most Russian scientists still divide competencies into supra-professional and special ones. However, some offer a three-level understanding of competencies:

1. Key competencies that are meta-subject competencies, such as communicative, general cultural, informational, social and labor, etc.
2. General subject competencies in certain educational areas.
3. Subject competencies that are skills and abilities within academic subjects [8].

Thus, the Russian understanding of the competence-based approach is currently at the stage of development. The introduction of this approach into the system of higher education is due to modern realities. It is based on the generally accepted Bologna Declaration, which Russia joined in 2003. As for the concept of "competence", the European community has a generally accepted interpretation of the competency-based approach, reflected in the European Qualifications Framework (EQF), which was presented in 2004 at the Joint Report of the Council on Education and the European Commission within the framework of the Copenhagen Process [9]. The EQF is a meta-system established to ensure transparency, comparability and recognition of qualifications and diplomas and certificates of education in order to develop the academic and labor mobility of the European continent citizens. The EQF is an integral part of the Bologna process where Russia is also a participant.

So, the European society has adopted an integrated approach to the competencies definition. That is the understanding of the competence-based approach that takes place in the modernization of the European system of higher education. The Russian scientific community has also accepted this interpretation of the competency-based approach, but many Russian scientists are trying to delve deeper into the essence of the approach, building a more complex structure. This delays the unified concept adoption.

References:

1. Киселева Елена Владимировна Сущность компетентностного подхода в высшем образовании // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2017. [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-kompetentnostnogo-podhoda-v-vysshem-obrazovanii> (дата обращения: 13.01.2022)
2. The Bologna Declaration of 19 June 1999 // Joint declaration of the European Ministers of Education [Электронный ресурс]: http://www.magna-charta.org/resources/files/BOLOGNA_DECLARATION.pdf (дата обращения: 13.01.2022)
3. McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence." American Psychologist, 28(1), 1–14. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.1037/h0034092> (дата обращения: 14.01.2022)
4. Flanagan, J.C. (1954) The Critical Incident Technique. Psychological Bulletin, 5, 327-358.
5. Henry A Murray. Thematic apperception test. — Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1943.
6. Cheetham, G., & Chivers, G. (1998). The reflective (and competent) practitioners: a model of professional competence which seeks to harmonise the reflective practitioner and competence-based approaches. Journal of European Industrial Training, vol. 22 (n° 7), 267-276.
7. Божко Е.М., Ильнер А.О. Компетентностный подход в России и за рубежом: исторические и теоретические аспекты // Мир науки. Педагогика и психология, 2019 №1, [Электронный ресурс]: <https://mir-nauki.com/PDF/38PDMN119.pdf> (дата обращения: 14.01.2022)
8. Хуторской, А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты / А.В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос». — 2002. — 23 апреля. [Электронный ресурс]: <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm> (дата обращения: 14.01.2022)
9. The European Qualifications Framework [Электронный ресурс]: <https://europa.eu/europass/en/european-qualifications-framework-eqf> (дата обращения: 14.01.2022)

Prospects for the development of international partnership between business and universities in the oil and gas industryPolyakov A.¹, Kapembwa W.², Latynina A.²*1 – St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;**2 – Usinsk Branch of Ukhta State Technical University, Usinsk, Russia.*

Innovation and education are now generally recognized as key drivers of economical development and competitiveness of both individual companies and national economies as a whole [1]. Rapid changes in the level of competition and the speed of innovation in the oil and gas industry over the past few decades have significantly contributed to the development of ties between scientific and educational organizations and commercial enterprises.

Many countries are making purposeful efforts to build a national innovation system based on the triple helix model [2] and focused on stimulating interaction between industry and universities as subjects responsible for creating new knowledge and generating innovative solutions.

In recent years, a number of studies have emerged proving the importance of developing ties between universities and business to ensure the survival of representatives of both sides in a competitive market, to increase economic growth in general and in the oil and gas industry in particular [3].

As noted, companies are faced with the need to rapidly accumulate knowledge, create new products and technologies based on them, which are necessary in order to be successful in the modern market [4] [5].

At the same time, universities are interested in finding new ways to generate income due to increased competition and reduced government funding [6], including generating income through the expansion of activities for the commercialization of university projects and competencies.

Nowadays, competition in the global market is only intensifying, oil and gas projects are becoming more complex and capital-intensive, many of them require the use of fundamentally new technological approaches - under the pressure of these factors, the oil and gas sector is forced to constantly develop new technologies. At the same time, oil companies are increasingly joining forces to develop technologically complex projects, the implementation of which alone is too risky for them. For the simultaneous development of the entire range of modern technologies, a huge amount of resources is needed, which can negatively affect the efficiency of the company, therefore, partnerships in the technological field in many cases become the preferred option, which allows participating companies not only to spend less resources, but also to share risks. Also, do not forget many global environmental issues that cannot be solved alone – tasks such as reducing CO₂ emissions into the atmosphere and combating climate change require efforts from all stakeholders, including states.

Associated gas is already being used today, the consumption level of which can be significantly increased. Developing the Arctic potential, the role of associated hydrocarbons should increase to the self-sufficiency level of the industrial activity territories with fuel energy resources. As possible promising options for the qualified use of natural and associated petroleum gases, there are technologies for their conversion into liquid hydrocarbons, commonly called GTL (gas-to-liquids), or into low-tonnage science-intensive products with high added value.

All oil companies are focused on development, but each of them defines strategic directions for itself in different ways. An analysis of seven major international oil and gas companies (Exxon Mobile, Shell, Total, Sinopec, Chevron, Equinor and BP) shows that the most priority and competitive areas are drilling technologies, including deepwater, exploration, production of unconventional hydrocarbons, methods of increasing oil recovery and digitalization (Figure 1).

If we talk about prospects, then for the formation and strengthening of the international reputation of the university, ensuring the process of internationalization, one of the key factors is the creation of a multi-level network of long-term partnerships with manufacturing enterprises of various countries and regions for the development of different vectors of cooperation.

Effective partnership with the world's leading companies is the most important factor in entering the international knowledge-intensive market, increasing competitiveness, reputation and

creating the image of the university on the world stage.

Long-term partnership means an integrated approach to building cooperation, an effective combination of scientific and educational directions, joint presence in the international knowledge-intensive market, including in the implementation of major international projects, work for the future with planni



Figure 1. Map of technological competencies of seven major international oil and gas companies [7].

A comprehensive partnership can include various forms and combinations of them: long-term agreements (at least 3 years) for the university to conduct research in the interests of the company, the creation of laboratories for the joint implementation of research projects in a specific area, the opening of international centers for the coordination of scientific and educational cooperation in a range of areas involving different departments of the university, the launch of joint educational programs and targeted youth support programs.

One of the effective forms of cooperation between the university and foreign companies is joint programs to support young scientists, within which the industry allocates targeted funding to support undergraduates, graduate students and their supervisors to conduct exploratory research on a wide range of problems of the oil and gas industry.

Cooperation with companies in this format helps to implement a win-win-win strategy, where each of the participants gets their advantages.

University - attracting young people to science; accumulation of scientific potential in advanced areas; long-term partnership with an industrial partner; growth of the university's reputation; access to the company's technological resources.

A young scientist – advanced knowledge from an industry leader; experience of cooperation with a company in a portfolio; practical material for defending a master's/PhD thesis; foreign internships, conferences; immersion in business processes and corporate culture of the industry.

Company - access to talented youth; priority access to research results of interest; company image (reputation, social responsibility, media coverage); access to experimental equipment of the university.

Thus, in the modern world, advanced research and the solution of truly complex scientific problems require not only the unification of efforts, scientific and educational potential of university

communities, but also the involvement of industrial companies, the business community and administrative structures of countries and regions. The success factors of cooperation completely depend on the partners, the level of their interaction, established relationships, communication, and agreed regulations.

References:

1. Todtling, F. and Trippel, M., (2005), —One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach, *Research Policy*, 34 (8), pp 1203-1219
2. Etzkovitz, H. The dynamic of innovations: from National System and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-Government relations / H. Etzkovitz, L. Leydesdorff // *Research Policy*. – 2000. – 29. - P.109-129.
3. Siegel, D.S., Waldmann, D., Atwater, L.E. and Link, A. (2004) ‘Toward a Model of the Effective Transfer of Scientific Knowledge from Academicians to Practitioners: Qualitative Evidence from the Commercialization of University Technologies’, *Journal of Engineering and Technology Management* 21(1/2): 115–42.
4. Santoro, M. and Chakrabarti, A.K. (2002) ‘Firm Size and Technology Centrality in Industry-University Interactions’, *Research Policy* 31(7): 1163–80.
5. Gupta, A.K. and Wilemon, D. (1996) ‘Changing Patterns in Industrial R&D Management’, *Journal of Product and Innovation Management* 13(6): 497–511.
6. Baaken, T. (2003) ‘Science Marketing’, in U. Kamenz (ed.) *Applied Marketing: Anwendungsorientierte Marketingwissenschaft der deutschen Fachhochschulen*, pp.1051–66. Berlin: Springer-Verlag.
7. Митрова Т, Грушевенко Е. Технологические партнерства в нефтегазовом секторе: применим ли мировой опыт кооперации в России ? // Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/333703358_Tehnologiceskie_partnerstva_v_neftegazovom_sektore_primenim_li_mirovoj_opyt_kooperacii_v_Rossii (дата обращения: 14.01.2022)

УДК 378

Practical training of Further education students in the oil and gas industry: the experience of the USTU Usinsk branch

Pichko N., Pichko A., Chugunkina I.

Usinsk Branch of Ukhta State Technical University, Usinsk, Russia.

Taking into account the realities of the modern rapid society development in the field of various technologies, the practical training of students in the oil and gas additional professional educational (further educational) programs, of course, has a positive effect on the growth of qualified specialists.

In our time, it is not enough to be a narrowly focused specialist, it is necessary to have professional skills that will allow a specialist to solve problems aimed at the implementation of complex projects that fall outside the qualifications.

For example, the shelf fields’ development dictated by the relevance of the development of the Arctic requires a practical experience from a drilling specialist. It should be noted that the task rate is often ahead of the enterprise in terms of providing highly qualified personnel.

The problem related to the shortage of personnel with the necessary qualifications in Russia is acute and it will amount to about 3 million people without measures being taken by the end of 2030. Russian President Vladimir Putin stated this during a teleconference with participants in the WorldSkills movement. However, the problem of a qualified personnel shortage is typical not only for Russia, but for the entire global labor market as well, including Western Europe.

Businesses representatives (especially when it comes to large ones) are often willing to pay for the necessary “knowledge and skills” for their employees. Despite this, it is obvious that the existing

further education system is often not oriented to the established market also offering outdated software and does not have new equipment identical to that used in enterprises as well. In this regard, there are topical issues such as attracting employers to implement further education programs, forming a mechanism for developing partnerships in the further education system etc. Moreover, this is important for the development of further educational programs as well as for the development of modern professional education in general.

The Ukhta State Technical University Usinsk branch has gained extensive experience within further education for the retraining of specialists in accordance with the requests of enterprises. The experience of the USTU Usinsk branch Training Center in providing training conditions as close as possible to production should be mentioned.

Taking into account the existing shortage of highly qualified personnel in the local labor market in such areas of LUKOIL-Komi activity (the main strategic partners of USTU Usinsk branch) as mining, design activities, drilling, energy, oil treatment, construction, a joint decision to create a Training Center on the basis of the USTU Usinsk branch was made in 2011. The Training Center began its activities on January 01, 2011 as a part of the USTU Usinsk branch according to the action plan for the transfer of the LUKOIL-Komi Training Center functions to the Ukhta State Technical University.

In accordance with the training services contract between USTU and LUKOIL-Komi, it was planned in 2011 to train LUKOIL-Komi's LUKOIL-Usinskneftegaz employees in the amount of 874 people at the Training Center on training programs for working professions and special-purpose courses. During 2011, the USTU Usinsk branch Training Center was accredited to provide educational services in the field of labor protection. Thus, in 2012 eight labor protection programs for various categories of employees expanded the list of educational services provided at the Training Center.

For seven years of the cooperation (from 2011 to 2017) and with the support of LUKOIL-Komi LLC, the USTU Usinsk branch Training Center is expanding its activities: the number of students is growing, the range of educational services provided by the Training Center is expanding as well.

So, by the decision of the organizations' heads, the Training Center expands the geography of its activities in 2013 and begins to train employees of the TPP "LUKOIL-Severneftegaz" in Naryan-Mar (NAO) at the request of LLC LUKOIL-Komi.

In 2014, the LUKOIL-Komi management sets the task to organize a new type of activity - advanced training courses for the LUKOIL-Komi engineering and technical staff. The training center successfully mastered a new type of activity and, only during 2014, 203 people were trained in advanced training courses.

In 2015, at the request of LLC LUKOIL-Komi, for the first time, the Training Center organizes courses through networking - attracting resources from other organizations. The first experience was the course "Training members of ground crews to work with a helicopter suspension".

Not only employees of LLC LUKOIL-Komi, but also employees of other city enterprises are trained in the Training Center in the areas of further education and vocational training, as well as university students are.

The Training Center data analysis showed that about 1,500 LUKOIL-Komi employees on average are trained per year, where about 300 employees attend vocational training courses.

During this time, there have been various positive changes - the list of courses taught has expanded. The teaching staff of not only the head university, but also other educational institutions is actively involved in the implementation of these courses.

However, a constant increase in the share of high-tech equipment, along with an increase in the complexity of equipment and production processes as a whole, naturally sets the task of improving the highly qualified personnel training quality including the development of the educational institution physical infrastructure.

In 2015, LLC LUKOIL-Komi, together with the Ukhta State Technical University, implemented an educational project initiated by LUKOIL in the Komi Republic. On the basis of USTU, Training Centers have been created that meet all modern requirements for the training of oil production specialists. Two of them were created in Ukhta on the basis of the Mining and Oil College for training specialists in surface and underground mining, and the USTU Usinsk branch Training

Center was created as well.

Training centers allow solving the problems of forming an industrial safety culture, improving the professional skills of workers and engineering staff, motivating the younger generation to choose professions in the oil and gas industry.

A training ground was built on the territory of the Training Center, which is a real oil production facility. According to the technological scheme, modern oilfield equipment was installed at the training ground, which makes it possible to reproduce the process of production, preparation and pumping of oil in a real-time system.

The training ground is equipped with automatic sensors and synchronized with a 3D simulator installed in a computer classroom. The automatic system imitates the operation of oil production process equipment, which allows students to understand the technological processes of oil production, and makes it possible to conduct practical exercises at the training ground and evaluate results (take exams) in the conditions that are close to production conditions.

The technological process begins with the first three wells that simulate the processes of oil and gas production:

1. A well equipped with a deep well pump (DWP);
2. A well equipped with a electric centrifugal pump (ECP);
3. A well with the flowing method of oil production.

There is no liquid in the wells, however the use of automated systems makes it possible to influence the readings of instrumentation by performing the actions corresponding to the order of the technological process.

A well equipped with a DWP simulates the process of oil and gas production using a deep well pump driven by a pumpjack. The pumpjack can be started and stopped. This makes possible to work out the correctness of starting and stopping the pumpjack by labor functions in the profession "Oil and Gas Production Operator" as well as the correct preparation of the pumpjack for repair, and some other repair operations as part of the profession "Mechanic-repairman" labor functions. Moreover, training activities are carried out on this equipment as well as the correctness of the students' labor functions performance is checked in the Training Center.

The following fact is very important: on the one hand, there is the opportunity for students to practice skills in real production conditions on real equipment. On the other hand, if students make mistakes, the operation can be repeated many times, bringing the skill to perfection, which avoids irreversible consequences that could occur at work.

The next step in the technological chain is the work with automatic group measuring unit (AGMU). The oil-containing liquid from all three wells enters the AGMU according to the technological scheme. Then the amount of produced fluid is measured using the well switch. This is reflected on the meter.

In 2016, another ground is being built on the Training Center territory. It performs the functions of eliminating gas, oil and water manifestations. At this ground, major repairs of wells are simulated, the necessary equipment is installed, a well with a depth of 200 m is drilled, gas and oil production is simulated by a fountain of water supplied to the working area by a pump. In real conditions, Training Center's students work out the skills for the prevention and elimination of gas and oil occurrences.

An integral part of the Training Center are its three computer classes, which allows achieving high results in mastering knowledge:

- oil and gas production classroom;
- oil preparation and transportation classroom;
- well maintenance and renovation classroom.

Thus, a year has passed since the Training Center foundation, but the analysis of the results allows us to state the following:

1. During the year of the ground's existence, 23 students of the branch as well as 496 employees of LUKOIL-Komi have been trained on working professions;
2. The Training Center used automated training systems as part of advanced training courses in

17 groups with a total of 98 students;

3. New educational and methodical software complexes for working professions have been developed. This makes it possible to reduce training time and increase its efficiency through the use of simulators and automated training systems;

4. The results of the input and output students' quality control in the "Operator of technological installations" experimental group showed a 18% higher result than in the group of students with traditional forms and teaching methods.

5. The training ground and computer classes are actively used in the study of subjects under the programs of higher professional education and career guidance activities.

Hence, in 2015-2016 LUKOIL-Komi created a powerful base for practical exercises on the territory of the Training Center. Therefore, a practice-oriented approach has been actively introduced into the educational process of the Training Center since 2015.

Thus 93 programs on working professions and 44 programs of targeted courses were updated through the introduction of educational practice and training sessions, special comprehensive programs were developed for training employees of LUKOIL – Komi in five popular professions during 2015-2017.

At the same time, advanced training programs continue to be actively developed. Therefore, 138 advanced training programs have been developed and implemented at the Training Center from 2014 to 2020. Every year, students of the branch receive a working profession as a part of higher education and secondary vocational education at the Training Center ground. Similarly, the city residents have the opportunity to be trained in the Training Center.

Summarizing the above, we can confidently state that cooperation between LUKOIL-Komi and the USTU Usinsk branch is a successful example of cooperation between an educational institution and a commercial organization.

Along with training under vocational training programs and programs of additional professional education, there are other types of cooperation between the USTU Usinsk branch and OOO LUKOIL-Komi, implemented in the Training Center:

1. Preparation for the professional skills competition of LUKOIL-Komi employees.

Within three months (from June 05 to August 11, 2017), the USTU Usinsk branch Training Center had trained the LUKOIL-KOMI employees for the IX LUKOIL's All-Russian competition "Best in Profession" in the following categories: oil and gas production operator, dewatering and desalination plant operator, commodity operator, process pump operator, electric and gas welder.

From August 21 to August 24, 2017, the 9th Professional Excellence Competition among LUKOIL Group entities was held in the Volgograd Region, Astrakhan and Perm. More than two hundred best employees of enterprises from six regions of Russia took part in it. In the theoretical part, the Timan-Pechora team, made up of workers from LUKOIL-Komi and LUKOIL-EnergoSeti, entered the top three. According to the final results, USTU Usinsk branch students received a silver in the nomination "Electric and gas welder" and a bronze in the nomination "Oil and gas production operator".

For the first time, rescuers units of freelance emergency rescue teams in amount of 15 teams competed at a corporate competition. According to the results of the competition that took place in the Astrakhan region, representatives of Timan-Pechora received another bronze one.

2. Assessment of professional qualifications. Since a national qualifications system is being formed in the country, aimed at improving productivity, quality and safety of work, together with the Center for the Assessment of Qualifications of LUKOIL-INFORM, the USTU Usinsk branch Training Center participated in the project of launching the qualifications assessment of LUKOIL-KOMI workers in 2018.

At the request of LLC LUKOIL-INFORM, from January 14 to 18, 2018, the master of industrial training of the USTU Usinsk branch Training Center was sent to the Kogalym Polytechnic College to participate in conducting trial professional exams and discuss issues related to the coordination of the LUKOIL-INFORM, organizations LUKOIL Group and educational organizations activities.

Since February 21, 2018, based on the Training Center and together with LUKOIL-INFORM, an assessment of professional competencies in the working profession "Oil and Gas Production Operator" (4 and 5 skill level) of LUKOIL-KOMI employees has been carried out. One of the experts

of the professional assessment was the Moscow certified industrial training master of the Training Center Vasenev Evgeny Pavlovich.

In February 2018, at the request of LUKOIL-KOMI, the Training Center carried out the work on collecting information on retrofitting the training ground to assess professional qualifications for the other professions such as reservoir pressure maintenance operator, dewatering and desalting plant operator, gas pipeline maintenance worker, repair mechanic, pumping plant operator, electric gas welder, underground well repair operator, driller.

3. Holding an all-Russian competition of LUKOIL professional skills on the territory of the Training Center, including using the training ground.

Thus, in 2019 Usinsk hosted the final stage of the 10th Professional Excellence Contest for the LUKOIL Group employees in the Oil Production area. Production competitions were held at the sites of the Usinsk oil field and the USTU Usinsk branch Training Center. 46 LUKOIL oil-producing structural divisions representatives from various regions of Russia and Uzbekistan took part in the competition. Employees of LUKOIL-Komi became winners in six out of eight nominations.

Thus, an attempt to identify the importance of the development of partnerships mechanism in the Further Education system. The development of partnership relations between LUKOIL – Komi LLC and UGTU that affect the mechanism of providing training conditions as close as possible to the production process, prompts further study of marketing issues for the USTU Usinsk branch Training Center development.

References:

1. Официальный сайт УФ УГТУ [Электронный ресурс]. – <http://uf.ugtu.net/>
2. Официальный сайт ООО «ЛУКОЙЛ-Ками» [Электронный ресурс]. – <https://komi.lukoil.ru/ru/>
3. Официальный сайт УГТУ [Электронный ресурс]. – <https://ugtu.net/>
4. Принцип работы АГЗУ [Электронный ресурс] <https://principraboty.ru/princip-raboty-agzu/>

УДК 378

International cooperation between Russian and UAE oil and gas universities in the field of experience exchange

Lavrenyuk M.

Usinsk Branch of Ukhta State Technical University; Usinsk, Russia

United Arab Emirates is economic miracle we all know about. How many people know that before oil was found in the country, it was one of the poorest and most backward in the world? Thanks to oil incomes, she made a breakthrough that no one in the world had done before. The UAE as a state was formed only in 1971, when 6 emirates united within one country. Today Emirates looks like Hong Kong and New York and in terms of the well-being of life the country is on a par with the leading world power.

At first glance, it may seem that Russia and the United Arab Emirates are 2 completely different, unrelated states. However, these counties have a lot in common. To begin, they have quite strong and importantly long-term diplomatic relations. Such relations were born at the end of 1971 after which Embassies were successfully opened in both countries.

In terms of oil reserves our countries are about the same level. And in the UAE only about 1 billion tones less than in the Russian Federation. Why is Russia lagging behind the UAE in terms of the standard of living of the population? First of all this can be explained as follows: the area of the UAE is 83,600 sq. km. and the area of the Russian Federation is 17,125,192 sq. km. To example the Arab Emirates is about the size of our 2 Moscow regions. Accordingly the population of our countries is not comparable.

In addition to diplomatic relations Russia and the United Arab Emirates also have economic relations. Our country are collaborates with the UAE in the field of high technology, long-term

investments and energy, which has already made a significant contribution to the stabilization of oil prices. In general, Russian-Emirati relations are focused on trade and economic cooperation.

Our two countries have a lot to learn from each other especially with regard to the oil industry and the economy of the state as a whole. In the regard the question arise: How much cooperation has been developed between Russian universities and the United Arab Emirates universities. Studying this question we come to the conclusion that very little work is very weak.

To begin it is necessary to consider the higher education system in the UAE.

Education in the UAE began its history less than 50 years ago and managed to adsorb only the most modern and effective standards. Here they adapt the experience of world leaders in education: the USA, Great Britain, Canada and Australia. 15-20% of the state budget is spent annually on the educational sector. Foreigners from all over the world make up a large part of both the student and teaching staff. But in Russia and the CIS, little is known about studying in this exotic country.

The first institution of higher education in the United Arab Emirates the UAE State University in Al-Ain (UAE University) opened its doors to students in 1977. Currently a large number of different universities, institutes and colleges offer students to get higher education in a huge number of specialties. UAE citizens study for free at three public universities and have discounts and benefits in many private ones. International students can also study at public universities in the UAE for payment.

You don't need to know Arabic to study in the Emirates: the main language of higher education in the country is English. At the same time, the requirements for the level of the language are low and start from IELTS 5.5. Sometimes the university itself conducts the entrance exam in English.

Universities in the United Arab Emirates work according to the three-stage Bologna system. Education at the first stage, bachelor's degree, at the University of the UAE usually lasts 4 years. Master's degree programs are more often research-oriented. Studying at the university at this stage lasts 1-2 years.

But, important feature: in the Arab Emirates, higher education for all students is payment and relatively expensive.

State universities:

UAE University (UAE University in Al Ain), the oldest higher education institution in the country. Currently, more than 15 thousand students study there. The University has 70 bachelor's degree programs and several master's degree programs. Many academic programs of the university have international accreditation.

Zayed University (Sheikh Zayed University) was founded in 1998 as a women's university, but later began to accept students of both sexes. The University has 5 faculties (colleges) - Arts and Sciences, Business Sciences, Communications and Mass Communications, Education and Information Systems. The University has campuses (campuses) in Abu Dhabi and Dubai, the main language of instruction is English.

Higher Colleges of Technology (Colleges of higher technical education) is the largest higher education institution in the country. It trains more than 16 thousand UAE citizens. This conglomerate of colleges was founded in 1988. Colleges are located in Abu Dhabi, Al Ain, Madinat Zayed, Dubai, Ras Al Khaimah, Sharjah and Fujairah. There are colleges where only girls or boys study. Colleges have 80 training programs for students of different levels and issue graduates with diplomas of completion of certain courses, as well as confer bachelor's and master's degrees.

Private universities:

There are a large number of private higher education institutions in the UAE that teach students according to programs from different countries. Some universities are independent institutions, others are branches of well-known educational institutions of the world. Universities have different accreditation, and when choosing an educational institution, it is recommended to think about which country in the world the graduate plans to continue his education or work in the future.

Despite the fact that the United Arab Emirates is still a novelty for Russian students, two branches of Russian universities are open and operate in the country:

1. A branch of the St. Petersburg State University of Engineering and Economics (INJECON), located in the Knowledge Village SEZ in Dubai.

2. A branch of the Moscow Financial and Industrial University "Synergy" (Synergy University), located in the Jumeirah Lakes Towers area in Dubai.

The branch of the St. Petersburg State University of Engineering and Economics (INJECON) is one of the oldest and largest higher educational institutions in Russia in the field of engineering and economics education. The university has 10 faculties and 32 departments. 15 branches and representative offices have been opened in Russia. More than 2000 students from Russia, the countries of the near and far abroad each year become graduates-specialists who have received professional training. The University cooperates with two dozen other educational organizations and institutions from 14 foreign countries, providing education of a high international level.

In the UAE, the representative office of INJECON is located in the very center of Dubai, not far from Dubai Airport and the City Center, in the Al Hai building, office No. 403. Here he is studying at the correspondence department of the Faculty of Tourism and Hotel Management in two specialties - Economics and Management at the enterprise of Tourism and Hotel management and Socio-cultural service and Tourism.

Classes at the representative office of the INJECON are conducted in Russian, lectures are given by teachers who have academic degrees and have undergone specialized training. Students are provided with methodological and teaching aids, and in the evening teachers organize the necessary consultations.

It is worth noting that an agreement on scientific and technical cooperation in educational, scientific and innovative activities has been signed between Lomonosov Moscow State University and the Masdar Institute of Science and Technology (Abu Dhabi). In addition, a Russian International school has been operating in Dubai since 1996, conducting classes of Russian study programmes.

And so, what conclusion can be drawn from all of the above? To what extent is it necessary to develop international cooperation within the framework of the exchange between universities of Russia and the United Arab Emirates? It's absolutely necessary! What is being done at the moment is too little. It is quite difficult for a Russian applicant to enroll in a UAE university, and most importantly, it is expensive. At the same time, there are many areas in which Russian students could gain such valuable and necessary knowledge. Firstly, we are talking about high technologies. It is no secret that the UAE is among the leading countries in this direction. There are also quite a few topics for bilateral study in the oil industry. Returning to the question of the economic miracle of the UAE, we have a lot to learn in the field of social security. For our part, Russia has also come a long way and achieved no small results. Our scientists have something to share with students from the United Arab Emirates. Another direction that is developing very successfully in both countries.

References:

1. Объединенные Арабские Эмираты: нефтяная страна, у которой получилось // Рамблер. [Электронный ресурс]. - https://news.rambler.ru/other/43679174-obedinennye-arabskie-emiraty-neftyanaya-strana-u-kotoroy-poluchilos/?utm_source=copysaring&utm_medium=social (дата обращения: 12.01.2022)
2. Дубай & Москва. Почему в России нефти больше, и живём беднее? [Электронный ресурс]. - <https://bankstoday.net/last-articles/dubaj-moskva-pochemu-v-rossii-nefti-bolshe-i-zhivyom-bednee>
3. Education in the United Arab Emirates [Электронный ресурс]. - https://www.unipage.net/en/education_uae
4. ОАЭ — полвека. Какую страну смогли построить арабы на нефтяные деньги [Электронный ресурс]. - https://secretmag.ru/stories/oe-polveka-kakuyu-stranu-smogli-postroit-araby-na-neftyanye-dengi.htm?utm_source=social
5. Санкт-Петербургский государственный экономический университет [Электронный ресурс]. - <https://unecon.ru/>

HR Provision in the development of the Arctic territories: the role of USTU

Ratier N.I., Kirsanov I.D.

Vorkuta Branch of Ukhta State Technical University, Vorkuta, Russia

USTU is one of the largest multidisciplinary technical universities in the European North of the country, the flagship university of Gazprom. USTU is a member of the National Scientific and Educational Innovative and Technological Consortium of Higher Educational Institutions of Mineral Resources and Fuel and Energy Complexes. During its history, the university has trained more than 80 thousand specialists for the oil and gas, geological, construction, and forestry industries. Today more than ten thousand students study at USTU. The university implements educational programs at various levels, including professional retraining and advanced training programs. The university provides training in 20 training programs for workers, 24 specialties of secondary vocational education, 33 specialties and areas of higher education, 9 areas of postgraduate study. There is a dissertation council in two specialties. The university includes the Industrial Institute (secondary vocational education), the Institute of Additional Professional Education and Training, branches in the cities of Vorkuta and Usinsk.

The data of monitoring the employment of graduates of the Vorkuta branch of the USTU indicate that the university is involved in filling the staff shortage in the regional economy of the Arctic macroregion. So, most of the graduates of 2015, 2016, 2017 of full-time education remained not only in the Arctic region, but also in the city of Vorkuta.

The advantages of the VF USTU for training specialists are the adaptation of educational programs to work in the northern conditions, similar topics of scientific research, including those related to the specifics of the northern territories. In addition, the availability of internships and internships for students of the VF USTU in the Arctic zone of Russia.

In order to assess the potential and prospective opportunities of the VF USTU in terms of training scarce personnel to meet the needs of the economy of the AZ of the Russian Federation, a comparative analysis of the lists of popular specialties / areas of training of the AZ of the Russian Federation, in which there is a shortage of labor resources, was carried out. The list of relevant Arctic professions was developed by the Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University [3].

In general, according to the data of 2015, according to the data of 2015, the most popular specialties in the RF AZ were training programs within the framework of the following enlarged groups of specialties: 44.00.00 "Education and pedagogical sciences", 38.00.00 "Economics and management", 40.00.00 26.00.00 "Technique and technology of shipbuilding and water transport", 21.00.00 "Applied geology, mining, oil and gas business and geodesy".

The list of these specialties / areas of training can serve as the basis for strengthening the role of USTU in the European North of Russia and the Arctic Zone of the Russian Federation in terms of training scarce personnel, including through the conclusion of targeted training contracts with the administrations of the Arctic regions and employers. Targeted learning can be an effective training mechanism for the Arctic zone, especially for long-term infrastructure projects that are currently being implemented or planned to be implemented.

The list of the most demanded professions of the RF AZ includes professions from different sectors of the economy, including intersectoral professions (Table 3). A significant proportion of in-demand professions are in sectors such as manufacturing, construction, mining and transport. This is highly correlated with the core industries that form the basis of the economy of the macroregion.

In addition, for the systematic development of the RF AZ, specialists are required in the social sector and the service sector in order to develop the infrastructure of the region and create conditions favorable for human life (medicine, housing and communal services, tourism, media and journalism) [3].

That is why the training of personnel is one of the fundamental factors influencing the innovative development of the northern territories. At the same time, the process of developing educational programs that are in demand in this region and training specialists on them takes a long period. In the context of the rapidly changing needs of the region's economy, this may lead to the fact

that tomorrow the trained personnel will be in limited demand on the market. In this regard, if there is a need for specialists in the region, it is necessary to investigate and identify the sources of human resources that are most relevant to the economic and innovative development of the region [4].

Table 3.

List of in-demand professions in the Arctic zone of the Russian Federation

- deficit
 - balance
 - surplus

	Arkhangelsk region	Krasnoyarsk region	Murmansk region	Nenets A.D.	Komi Republic	Saha Republic (Yakutia)	Chukotka	Yamalo-Nenets A.D.
IT-specialist								
Administrator								
Architect								
Driller								
Accountant								
Loader driver								
Doctor								
Surveyor								
Geologist								
Design Engineer								
Mechanical engineer								
Road and construction equipment operator								
HR manager								
Chemical analysis laboratory assistant								
Mineral processing plant								
A carpenter								
Fish breeder								
Builder								
Turner								
Teacher								
Chemist								
Economist								
An electrician								
Electric and gas welder								
Lawyer								

It can be noted that currently in the Arctic zone of Russia there is a "renaissance" of working professions. Their share in the final list is 70-80%. Indeed, according to Rostrud, in 2017, more than 60% of all vacancies announced by employers to state employment services in the subjects of the AZ of the Russian Federation were in the professions of skilled workers and specialists of an average skill level.

This trend is also confirmed by the results of studies on forecasting the prospective annual additional staffing needs of the economy of the Arctic zone: the need for personnel with higher education is estimated at the level of 6-8 thousand people annually, and with secondary vocational

education - at the level of 25 thousand people [2]. The need for workers is traditionally covered by graduates of the system of secondary vocational education and training / retraining of citizens in the system of additional professional education.

This fact does not detract from the role of a highly qualified personnel base for the successful development of the Arctic. This requirement is determined by the science intensity of almost the entire spectrum of economic activity. Today, the Arctic needs competent managers and leaders who must have scientific, technical and economic and psychological potential, engineering and economic knowledge, the qualities of a traditional manager and research scientist [4]. There is a shortage of such very rare professions as oceanologists, permafrost specialists, cryologists, the absence of which does not allow solving urgent problems of the Arctic territories. Among them are the deformation of buildings in permafrost conditions, the violation of the stability of structures, and the consequences of climate change [1].

Taking into account the medical and biological problems of human adaptation in the North, which do not allow quickly adapting to harsh natural and climatic conditions, the main and unique value of the Arctic regions is the local youth. Therefore, in ensuring the development of the Arctic regions, the focus is primarily on young people as the most mobile, creative social group, ready to overcome difficulties, learn new things and focus on promising career growth.

In order to stimulate her interest in Arctic professions, it is important to implement the following measures within the framework of university development programs, programs for developing the human resources potential of the regions, primarily to overcome structural imbalances in the training of personnel of the Arctic Zone of the Russian Federation:

1. Monitoring, analysis and decision-making for a more precise "tuning" of the structure of admission to universities in accordance with the development priorities of both each region individually and the entire macro-region as a whole;
2. Establishing close contacts with the leading employers of the regions, who could correctly translate the personnel order according to the levels of education, according to the areas / specialties of training;
3. Development and coordination of a single scenario for the development of the region to ensure a single information field for decision-making by executive authorities, educational organizations, employers, citizens;
4. Timely informing all interested users (authorities, business, education, individuals) about the past, present and future of the labor market in an understandable and accessible form [2];
5. The use of tools for visually informing applicants and graduates about the professions in demand in the region in the format of professionograms and "employment barometers".

References:

1. Prokhanov A., A. Chilingarov, I. Mironov, A. Polyukhov, A. Nagorny and others. Russian state: a new stage. Arctic Vector - Book World, 2016. - 318 p.
2. Sigova S.V., Stepus I.S. Staffing of the development priorities of the Arctic zone of Russia - the contribution of the higher education system // Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz. - 2016 - No. 5 - C. 19–29.
3. Stepus I. Strategic development of the economy of the Arctic macroregion and its staffing with secondary vocational education // Regional economy: theory and practice. - 2016. - No. 11. - P. 66-80.
4. Tsukerman V.A., Goryachevskaya E.S. The system of training and retraining of managerial personnel for the integrated development of the Arctic zone of the Russian Federation // MIR (Modernization. Innovations. Development). - 2015. - No. 4-1 (24). – P.35 – 42.
5. Shabaeva S.V. Demanded professions in the Arctic zone of Russia as a reflection of the priorities for the development of the economy of the macroregion / S.V. Shabaeva, E.A. Fedorova, I.S. Stepus // Economics and Management: Problems, Solutions. - 2016 - No. 7. – pp. 104–117
6. <http://arctic.labourmarket.ru/education/eg/51/2> (Accessed 27.05.2019)

HR Provision in the development of the Arctic territories, the role of universities.

Ratier N., Ogorodnikov D.

Vorkuta Branch of Ukhta State Technical University, Vorkuta, Russia

In the context of the Arctic macroregion increasing role in the Russian economy, the problem of ensuring the sustainable qualified personnel development of this strategically important territory has acquired great relevance in recent years. Priority Arctic projects form an "order" for personnel.

To work in the Arctic territories, not only specialists of working professions are needed, but also competent managers. The successful implementation of existing and planned industrial and infrastructure projects in the support zones of the Russian Federation Arctic zone largely depends on the availability of a sufficient highly qualified personnel base. This requirement is due to the knowledge-intensive industries of gas production, oil production, transport, logistics and other areas of economic activity.

About 2.4 million people live permanently in the Arctic zone. This creates a need for qualified specialists in the social sector and the service sector in order to develop the infrastructure of the region and create conditions favorable for human life and professional activity (healthcare, education, culture, housing and communal services, mass media and journalism, etc.).

Thus, the necessary personnel availability is a determining factor for the successful development of the AZ of the Russian Federation. Universities and their branches operating in the Arctic regions of the Russian Federation remain the main link in ensuring the development of the economy with personnel with higher education [1,2].

Already at present, there is a shortage of personnel in a number of the most popular specialties and areas of training, which will only increase in the future, when Arctic projects really unfold [3,6]. In this regard, there is a question of organizing personnel training for the Arctic.

According to the Decree of the Russian Federation President dated May 2, 2014 No. 296 "On the land territories of the Arctic Zone of the Russian Federation" [6], the territory of the Russian AZ includes 8 northern regions of the country where 4 regions are fully attributed to its territories (Murmansk Region, Yamalo-Nenets Autonomous District, Chukotka Autonomous District), and others - partially (Arkhangelsk Region, Krasnoyarsk Territory, Komi Republic and Sakha Republic (Yakutia). At the same time, part of the Russian Arctic zone territory is located beyond the Arctic Circle, and the other part of the territory by geographical characteristics belongs to the Subarctic zone of Russia. The AZ of the Russian Federation is characterized by a certain educational potential, including due to the functioning of a network of universities. Universities have a significant impact on the socio-economic development of the territory. The decisive factor in this influence is the improvement of the quality of human capital in the Arctic territory where the university is located [5].

In 2016 there are 23 universities in the Arctic region, of which 8 are separate universities, 15 are university branches; in the Subarctic region there are 48 universities where 20 ones are separate universities, 28 ones are university branches. Of the regions that are part of the AZ of the Russian Federation, the Murmansk and Arkhangelsk regions, as well as the Yamalo-Nenets Autonomous District, are characterized by the most extensive network of universities and branches.

The Russian Ministry of Education and Science, as part of the implementation of a set of measures aimed at providing the subjects of the AZ of the Russian Federation with labor resources in accordance with the needs of the economy until 2020, has formed a forecast of the need of the economy for personnel with secondary and higher vocational education in the territories of the AZ of the Russian Federation [6].

Preliminary calculation of personnel requirements is carried out using the macroeconomic methodology of forecasting the need of the economy in personnel, developed by the Center for Budget Monitoring of Petrozavodsk State University.

The EDP of the economy in personnel is the value of the annual increment of qualified personnel to the current number of employees necessary for the socio-economic development of the region in the future. Components of the EDP:

1. the need for "replacement" is associated with the inevitable natural-age retirement of employees: retirement, disability, etc.;
2. the need for "growth" is associated with the growth / decline of current production with the corresponding opening / closing of jobs;
3. the need for "development" is associated with the launch of new production facilities, including the implementation of investment projects, and the need to equip them with new personnel.

An important feature of the methodology used is that the forecast values of the need for personnel with higher education are calculated in accordance with the current strategic development programs of each of the subjects included in the Arctic zone and the macroregion as a whole, and the strategies for the development of industries and industrial clusters are also taken into account. This means that the forecast takes into account the priorities of the economic and social development of the regions, but the implementation of investment projects is not taken into account. Consequently, the presented values of the forecast demand can be characterized as "moderate". When launching investment projects, the need values will increase by the number of new jobs created. Accounting for the investment component involves a number of the following difficulties- Employers-investors are not interested in providing information about the need for personnel for the implementation of investment projects;

- The parent companies implementing individual investment projects for the AZ of the Russian Federation are located outside the AZ of the Russian Federation (Moscow, St. Petersburg-Petersburg);
- The lists of investment projects are constantly being adjusted in connection with the crisis phenomena in the economy of the Russian Federation.

The EDP forecast was agreed with the regional executive authorities of 8 regions of the Arctic zone of the Russian Federation.

In the work of the authors S. V. Sigova and I. S. Stepus [3], a comparative analysis of the forecast values of the need for personnel with higher education, calculated taking into account the established priorities of the Arctic development and graduates of educational institutions of higher education (Table 1), is given.

The authors revealed that, in general, for the AZ of the Russian Federation, only 30% of the annual additional demand of the economy of the AZ of the Russian Federation for personnel with higher education is provided by graduates of Arctic universities who studied full-time, provided they are guaranteed employment. If we take into account graduates of universities of other forms of education, who, as a rule, are already employed in the economy, the potential of the higher education system of the territories of the AZ of the Russian Federation provides on average about 65% of the personnel needs of the macroregion. In addition, a detailed analysis of the coverage of the projected needs of the economy in the context of groups of specialties showed that for the higher education system in the territories of the AZ of the Russian Federation, it is also necessary to solve the issue of structural compliance of personnel training with the selected priorities of economic development.

According to the graduate employment monitoring data, in most Arctic regions, more than 40% of the employed graduates are graduates of universities in other regions (Table 2).

One of the important incentives for the return of graduates who have completed their studies, as well as for attracting university graduates from other regions to the northern regions, is a higher salary level compared to other subjects of the Russian Federation.

Thus, in the current conditions, the importance of interregional cooperation between the Arctic zone and subarctic territories increases for the purpose of targeted training of scarce personnel in specialties / areas of higher education for which insufficient training is conducted in the territories of the AZ of the Russian Federation or is absent altogether. This leads to the involvement in the training of personnel for the Arctic not only of Arctic universities, but also of universities in other regions, which is becoming more and more relevant every year.

References:

1. Prokhanov A., A. Chilingarov, I. Mironov, A. Polyukhov, A. Nagorny and others Russian state: a new stage. Arctic Vector - Book World, 2016. - 318 p.
2. Sigova S.V., Stepus I.S. Staffing of the development priorities of the Arctic zone of Russia - the

contribution of the higher education system // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz.* - 2016 - No. 5 - C. 19–29.

3. Stepus I. Strategic development of the economy of the Arctic macroregion and its staffing with secondary vocational education // *Regional economy: theory and practice.* - 2016. - No. 11. - P. 66-80.

4. Tsukerman V.A., Goryachevskaya E.S. The system of training and retraining of managerial personnel for the integrated development of the Arctic zone of the Russian Federation // *MIR (Modernization. Innovations. Development).* - 2015. - No. 4-1 (24). – P.35 – 42.

5. Shabaeva S.V. Demanded professions in the Arctic zone of Russia as a reflection of the priorities for the development of the economy of the macroregion / S.V. Shabaeva, E.A. Fedorova, I.S. Stepus // *Economics and Management: Problems, Solutions.* - 2016 - No. 7. – pp. 104–117

6. <http://arctic.labourmarket.ru/education/eg/51/2> (Accessed 27.05.2019)

UDK 338.2:622.276

Socio-economic aspects of the development of hard-to-recover heavy oil reserves

Ignatskaya L.Ya.

Vorkuta Branch of Ukhta State Technical University, Vorkuta, Russia

The current stage of the world economy is characterized by multi-vector and contradictory processes that have a negative impact on the activities of not only national economies, but also on the enterprises' activities, as additional risks and threats that are difficult to calculate are created. The oil industry not only left the economic comfort zone, which provided predictability, significant planning abilities, long-term partnerships with counterparties, but also got into a situation of increased attention and risks, as well as the need for radical organizational and technological changes.

The period of COVID-19 stagnation and the subsequent post-COVID-19 stage of the global economic recovery increased the volatility and conjuncture of the energy market. Oil-producing enterprises found themselves in a situation where, on the one hand, the demand for energy resources and hydrocarbons has sharply increased, and on the other hand, pressure on the oil and gas industry has increased from a complex of factors that prevent a quick response to market conditions. These pressure factors can be grouped into following clusters:

1. a cluster of political factors:

- the pressure of the "green policy", which forms an intolerant attitude of the public and consumers to hydrocarbon energy resources;

- attempts to infringe on the economic interests of resource-producing countries by introducing various sanctions;

- linking the economic behavior of the subjects of the world economy with political preferences;

- sanctions confrontation of countries.

2. a cluster of organizational and legal factors, including changes in the legal support of energy market entities, forcing them to look for additional "legal loopholes" for the implementation of trade and economic activities of oil and gas producing enterprises;

3. a cluster of economic factors:

- the use of lobbying and the use of imperfect competition techniques;

- moving away from predictable and definite pricing in the oil and gas market to the mechanisms of exchange trading and spot prices that generate instability and market hype.

In addition to external factors of pressure on the activities of oil and gas enterprises, there are internal objective reasons that encourage accumulating attention to serious changes in approaches to the production and economic activities of the industry.

The existing industry problems should be noted.

As the analysis of the efficiency of oil reserves development shows, their structure is

changing towards a significant increase in the share of low-margin reserves (from 36% to 55%), and the analysis of the assured oil reserves can be represented by the following structure:

75% - hard-to-recover reserves, including:

4% - small seam thicknesses;

13% - high-viscosity oil;

14% - sub-gas layers;

36% - low-permeability reservoirs.

The state of the raw material base, the geological service, requires a steady improvement, including by increasing investments in these areas of activity. According to statistics, investment in this industry has decreased by five times.

A significant proportion of the fields being developed are in the senile stage, when they need additional investments, the preservation and development of their potential, the introduction of new technologies to increase oil production and maximize final oil recovery. Prolongation of the time of full-fledged use of deposits in the senile stage not only contributes to more efficient subsoil use, but also solves such socially significant tasks as the preservation of jobs, and, therefore, the normal functioning of single-industry oil producing regions.

It is obvious that the prospect of development of the industry is associated with the development of hard-to-recover reserves (they are reserves in low-permeable rocks, high-viscosity oil, remaining reserves in developed fields, sub-gas deposits, unconventional reserves in fields in remote and hard-to-reach areas). The geography of oil and gas production will be forced to expand, which will undoubtedly affect the economic parameters of mining: an increase in the capital intensity of production due to the complexity of the extraction technology, an increase in the cost (cost value) of products, which will lead to a change in the pricing structure.

Insufficient investment in the energy sector can lead to negative consequences not only for the oil and gas industry, but also for a number of related industries focused on the development of new equipment for fuel and energy complex enterprises working to solve the problem of import substitution.

Reducing orders to contractors will lead to job cuts with all the ensuing consequences. A reduction in investment and consumption of resources and services will lead to a curtailment of business activity in related industries, such as mechanical engineering, metallurgy, drilling, oilfield services, construction, and to a reduction in employment by 1 million people this year already " [2].

In these conditions, the role of state participation in solving the problems of the oil and gas industry is increasing. There is no future without a long-term strict economic strategy and active geological exploration of the fuel and energy complex.

These problems and the solution of a number of tasks to improve the efficiency of the oil and gas industry are considered in the Energy Strategy of the Russian Federation until 2035. The primary and most significant tasks of the development of the fuel and energy complex are the following:

- stabilization of annual oil production with gas condensate up to 525 million tons and its increase in the future, which can be possible only in the conditions of stabilization of the hydrocarbon market, recovery of the growth rate of the world economy, progressive development of the Russian economy;

- technical re-equipment, development and modernization of the industry as a whole and its sub-sectors; in solving this problem, it is necessary to solve the problem of increasing the investment attractiveness of the industry even in conditions of a gradual and systematic transition to renewable energy. Investment attractiveness can be achieved by diversifying the industry, deepening the processing of hydrocarbons and expanding the range of products;

- the strategy provides for a set of measures aimed at improving the efficiency of mineral extraction, increasing the oil recovery coefficient from 28 to 40%, as well as increasing the volume of oil production to 17% due to the development of hard-to-recover resources.

Solving these problems requires an integrated approach based on taking into account all

newly emerging factors. Taking into account the renewable energy development programs, it is necessary to rethink and create a new organizational and legal framework for the industry, which would specify and detail the main parameters of the functioning of the industry enterprises, would determine priorities in the issues of subsoil use and the relationship between the state and enterprises, would improve the licensing policy.

An important area of increasing the transparency of the oil and gas industry is the creation of a clear system of state supervision, the activities of which should ensure an increase in the rationality and efficiency of subsoil use.

In the context of rising costs of oil and gas production, fiscal and monetary policy should be improved. The tax policy should take into account the specific features of the operation of the enterprise, making it possible to defer tax payments in case of serious financial difficulties, stimulating the activities of small and medium-sized enterprises to maximize the production of hard-to-recover hydrocarbons.

The basis for the technical modernization of the oil-producing industry, focused on the development of hard-to-recover reserves of heavy oils, should be the program of innovative activity of the industry, which should cover not only the sphere of hydrocarbon production, but also ensure the innovative development of the domestic service and machine-building industry for the oil and gas and processing industry, continuing work on import substitution, since even in today's unfavorable geopolitics, a significant share of imported equipment remains. This problem is especially relevant for shelf production. Innovative activity should be based on ground experimental work. To do this, it is necessary to create conditions for the development of new promising technologies for the development of hard-to-recover reserves: scientific landfills, which should become a platform for testing and introducing new methods of research and development of hard-to-recover reserves, the development of unconventional oil resources, as well as solving environmental problems.

All areas of work to improve the efficiency of production of hard-to-recover heavy oil are highly expensive and require serious financial injections, attracting significant investments, so the state will have to participate in investing and financing R&D in the industry and concentrate public investment on the implementation of priority infrastructure projects.

All technical and technological innovations in the industry should be carried out in parallel with the development and improvement of the competencies of the personnel of enterprises, who should not only have knowledge and professional skills, but also have a high level of industrial and environmental culture.

References:

1. Danilova E. I. (2018). Tyazhelye nefi Rossii [Heavy oil of Russia]. *The Chemical Journal – The Chemical Journal, December*, 34-37 [in Russian].
2. Tarasyuk V. M. (2014). Vysokovyazkie nefi i prirodnye bitumy: problemy i povyshenie effektivnosti razvedki i razrabotki mestorozhdenij [High-viscosity oils and natural bitumens: problems and improving the efficiency of exploration and development of deposits]. *BEREGINYA.777.SOVA – BEREGINYA.777.SOVA, Vol. 21, No. 2*, 121-125 [in Russian].
3. Miyassarov A. SH. (2015). Sovershenstvovanie razrabotki zalezhi vysokovyazkoj nefi s primeneniem resursosberegayushchej tekhnologii [Improving the development of high-viscosity oil deposits with the use of resource-saving technology]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ufa [in Russian].
4. Bulankina E. V. (2017). Ekonomicheskaya celesoobraznost' razrabotki mestorozhdenij vysokovyazkih nefej v Rossii i v Kitae [Economic feasibility of developing high-viscosity oil fields in Russia and China]. *Molodoj uchenyj – Young scientist, Vol. 140, No. 6*, 231-234. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/140/39515/> [in Russian].

Current problems for university entrance in the oil and gas industry

Abbasov H.¹, Polyakova I.²

1 – Leeds Beckett International Student Ambassador (Leeds, UK), PhD student of The Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

2 – Center for Additional Education of the Vorkuta branch of Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

Today, oil and gas industry is the basis of the Russian Federation economy. First of all, this is due to the ever-increasing demand of the world market for the energy resources supply. Russia occupies one of the leading positions in this business segment and therefore the field of study "Oil and Gas" remains one of the most promising and prestigious, which every year attracts more and more students who want to get a highly profitable specialization. Today, more than 30 universities successfully operate in Russia, providing education to future professionals in the oil industry. The entrance to Russian universities is based on the results of the unified state exam (USE). This article shows the issues of objectivity and relevance of this entrance form in higher education professional programs in general and the oil and gas programs in particular.

Almost 21 years ago, on February 16, 2001, a unified state exam was introduced in Russia, which is both a final exam from school and an entrance exam to universities. This was a step towards joining the Bologna process that took place in September 2003 [1]. The main goal of the USE is to form an objective system for assessing the quality of training for general educational institutions graduates and applicants. The main tasks of the exam include:

- increasing the accessibility of vocational education;
- ensuring the continuity of general and vocational education
- ensuring the state control and management of the education quality based on an independent assessment of the graduates training.

However, despite such an impressive duration, with all the positive aspects, the USE introduces some social tension in society and is very ambiguously assessed by experts.

Currently, there is a wide discussion about the expediency of conducting the Unified State Examination and the graduates' assessment objectivity. At the same time, there is a sensitive issue of its impact on the psychoemotional health of teenagers. In the course of sociological research, researchers identify positive arguments in favor of conducting the USE, such as:

1. Elimination of corruption and arbitrariness in universities entrance;
2. Documents submission simplification for the schools graduates that are geographically located at a considerable distance from the desired university;
3. Expansion of the information technologies use in the education system and the formation of a single information educational space.

In publications, there is a wider range of positive arguments, such as improving the education quality and the objectivity of assessing the students' knowledge and abilities, but this can be argued, because of the emotional state of young people during the preparation for the exam and its immediate delivery that undergoes a significant deterioration [2]. There are also arguments that, in our opinion, are the opposite of the above, and, as practice shows, they negatively affect the psycho-emotional development of a person;

- test tasks do not contribute to the ability to reason, generalize knowledge (especially in the humanities);
- in preparing for the exam, students are oriented towards constant memorization instead of a full-fledged study of the subject, which is replaced by preparation for the exam and the constant implementation of the previous year's USE options.

This approach does not allow identifying the knowledge and skills necessary for the applicant to choose a further specialty. Moreover, the forced preparation for an exam in such a format negatively affects psychological preparation, which can lead to a distortion of the professional orientation vector.

There are medical statistics of psycho-emotional disorders in teenagers, including those leading to suicide due to passing the Unified State Examination. It suggests that “the lottery, which will give an excellent win in the absence of a school curriculum deep study” must be transformed into a process that demonstrates systemic knowledge and competencies of applicants that will help them to be competitive in the labor market in the future.

The goals set initially during the introduction of the unified state exam have long ceased to be effective:

1. The elimination of corruption is replaced by the costs of tutors, additional classes and other forced training;

2. The simplification of the documents submission is also not observed. Firstly, the Unified State Exam results are not the only criterion for the selection to the bachelor's degree programs, and secondly, the Unified State Exam introduction did not affect the abundance of document flow in the education system in any manner;

3. The expansion of the information technologies use in this case can only be carried out together with the modernization for the USE preparation program and the introduction of a competency-based approach that has definitely nothing to do with the psychological pressure on schoolchildren that can be observed today. Furthermore, the information technology use must be implemented along with the modernization of the skills and competencies of authorized persons and educators in the IT field.

The inefficiency of using IT technologies in the education system exists due to two factors the crudeness and incompleteness of the IT product (due to cost savings or other factors) and the competencies and skills lack of the people who work with the implemented IT product. Thus, we reach the conclusion about the insufficient development level for both the technological component and the human factor.

Of course, these are not the only goals pursued by scientists and authorities in the USE implementation. However, this is enough to draw a logical conclusion that various reforms of the education system, as well as the introduction of any new elements into it will show their inefficiency in most cases, if sufficient attention is not paid to the introduced elements quality (both technological and social).

Let's look at the USE effectiveness on the example of the knowledge required to obtain a profession related to the oil and gas industry. Mathematics, physics, chemistry, information and communication technologies are the main school subjects that form the basis for this profession. The statistics of expelled students for academic debt, as well as of their own free will after the first year due to the learning difficulties, confirms the fact that a non-objective and poor-quality selection was carried out at the stage of entrance the training [3].

Even the additional entrance tests do not solve this problem - interviews are held after the USE rating and often show applicants' superficial knowledge. However, the university needs to enroll for the first course. Moreover, many oil and gas graduates cannot find a job due to the low level of competencies. In many respects, the transition from a systemic approach to a competency-based approach that is new for Russian education, also plays a negative role here. The development and formation of this approach can be observed today in Europe and the USA [4]. The development of a competence-oriented system will make it possible to determine the range of knowledge and practical skills necessary for a specialist in his own industry.

So, today modern scientists, teachers, practitioners are discussing the issues of improving the applicants level in general as well as the universities that produce specialists for the oil and gas industry.

First of all, it is necessary to pay attention to the quality of the elements being introduced into the education system as a whole. The lack of competencies and technological progress at least slows down the development of the system, and, at the most, it negatively affects both the acquired knowledge and skills, and the psychological state of students in educational institutions. Besides, there is nothing innovative in nature with the non-acceptance trend of the individual approach as well as the generalizing all of the existing processes into a single system. There is only a reluctance to understand certain situations.

Also, if we talk about the formation of the applicant's stable skills and qualities that will serve as the foundation for his future specialty, it is necessary to do one or the other. Either to transform the existing system and reduce the level of psychological and moral pressure on the student (often accompanied by personal goals of teachers and teachers), or to look at developed countries and

implement some elements from the foreign education system. In this case, we are talking about the introduction of the *gap year* practice, which successfully exists in Western countries and allows future specialists to gain some time in order to obtain an experience and to form some kind of the aspirations and goals. This is an integral part of career guidance work.

Definitely, the implementation of this phenomenon, new and strange to the post-Soviet space, must be correctly calculated taking into account the post-Soviet mentality and based on numerous sociological studies. However, it would be much more efficient to incur the costs of global research and upgrade the system for the better, than to have incompetent specialists in the state who learns only because of the threat of the army or the insistence of the family.

References

1. BONJEAN, Dominique The Bologna Process and the European Higher Education Area (англ.). Education and Training — European Commission (21 сентября 2018). [Электронный ресурс]. – https://ec.europa.eu/education/policies/higher-education/bologna-process-and-european-higher-education-area_en \ (дата обращения: 15.01.2022)
2. Степанов Э. П., Ковтун Т. Ю. Проблемы современного ЕГЭ // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 26. – С. 286–287. – [Электронный ресурс]. – <http://e-koncept.ru/2017/770776.htm> (дата обращения: 15.01.2022)
3. Колотова Е.В. Изучение отчислений студентов в бакалавриате/специалитете НИУ ВШЭ // Мониторинг университета. 2011. № 6. С. 22–32 (дата обращения: 16.01.2022)
4. McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence." *American Psychologist*, 28(1), 1–14. [Электронный ресурс]. – <https://doi.org/10.1037/h0034092> (дата обращения: 16.01.2022)

УДК 334.021

The impact of COVID-19 on the international cooperation between companies and universities in the oil and gas industry

Капембва W.¹, Polyakov A.²

1 – Usinsk Branch of Ukhta State Technical University, Usinsk, Russia;

2 – St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia;

This is a new problem for the education and oil and gas international cooperation. The study is original in its approach to the subject from a global point of view by analyzing studies from different countries. This study identifies key variables to determine the impact of COVID-19 on international student mobility and cooperation between the oil and gas and education sectors for future research. The approval and promotion of the "brand" of the university's international recognition of diplomas, improving the quality of education, ensuring academic mobility of students and teaching staff are an integral part of the elements of a successful realization of an international cooperation during the pandemic or crisis in general. These include prestige and additional sources of income for both the university and the country at large. Academic mobility is most of all an important aspect for both academic and work experience for both students and staff.

Globalization and integration processes in Europe have actualized the need to increase the competitiveness of national education systems. The changes affected the content of education, means and methods of teaching, management mechanisms, the system of assessing the quality of education, the system of professional training of students for professional activity. Currently, the competitive advantages of the university that produces future professionals of oil and gas companies are largely determined by the globalization, rating and as well as how well known the university is within the country and on an international level as well. For large oil companies, the process of globalization makes it urgent to increase their competitiveness through diversification, attraction of financial resources, reduction of production costs through the production of standardized products and

economies of scale, using closer business ties with other enterprises and banks to create business networks. However, for a company to be able to attain the goals it has set, it needs to have professionals of high quality, efficiency, experience in the oil and gas field and as well as experience on an international stage. In order to become an ideal choice of a certain position in the oil industry, students trained locally and internationally have usually acquire abilities to break the language barrier and the expertise to tackle international issues. The process of globalization causes the need for professional personnel capable of working effectively in new conditions, the solution of this problem can be achieved through integration of local and international cooperation between universities and as well as companies at both local and international level. Today, the oil and gas industry faces the following tasks. The first is to produce more energy at lower costs and lower emissions. The world's population is growing, and the demand for energy after COVID-19 will not only recover, but also increase. At the same time, the world needs cleaner energy, so oil and gas companies must supply this energy with lower emissions. This is a difficult task, but many groups cope with this task. Just look at the work that is being done by the industries, universities and governments to reduce emissions and you will see that great efforts are being put in place to produce cleaner energy. It will take time, but the trajectory is clear to reach net zero emissions by 2050 or earlier, in spite of the slowdown to reach this goal due to the COVID-19 pandemic. Oil and gas companies need to continue their good work of cooperating with Universities and reducing costs. Investors are demanding a greater return on their investments in oil and gas companies. While companies cannot control the price of their products during the pandemic, but they can control the amount of money they spend annually. The trend observed since 2015 is one of the remarkable achievements in reducing the costs of the entire industry.

The second task is for the oil and gas industry to jointly invest approximately \$500 billion a year just to keep up with demand. What makes this particularly difficult is the strong headwind of rising capital costs. In the past two years, the oil and gas industry has received insufficient investments, especially in the extractive part of the business because of the pandemic in the process leading to the reduction of both local and international cooperation due to insufficient funding. As soon as the global reserve capacity is exhausted, there will be a need to reinvest funds not only in maintaining, but also in the actual growth of oil and gas production to meet the needs of customers around the world to achieve this cooperation between universities and companies needs to be strengthened. Although, this task will be difficult to solve, and if not effectively solved to develop or restore supplies to match demand, we will experience a period of higher oil and gas prices.

So, what trends will we see in the next 12-24 months? This is very clear. Oil and gas companies will continue to reduce costs, reduce carbon dioxide emissions and reduce risks. Cost reduction requires a relentless drive to improve efficiency in all aspects of the value chain. Reducing carbon dioxide emissions requires the use of best-in-class operating methods, as well as continued development and implementation of technologies. Oil and gas companies can reduce technical risks with improved reservoir models, better visualization, and more. These trends are likely to continue in the next two years. They have become necessary conditions for the prosperity and survival of business in the modern energy market. Finally, in addition to all the complex skills needed to solve the tasks outlined here, oil and gas companies will need to develop softer means of communication, collaboration and innovation skills and to do that cooperation between the Universities and companies is needed to overcome cooperation barriers during the COVID-19 pandemic times. In some ways, further development and successful use of technology skills is the most difficult part of all, but it is necessary for success. So, what trends will we see in the next 12-24 months? This is very clear. Oil and gas companies will continue to reduce costs, reduce carbon dioxide emissions and reduce risks by integrating technology for practical purposes and hence reducing costs to train students. Cost reduction requires a relentless drive to improve efficiency in all aspects of the value chain. Reducing carbon dioxide emissions require the use of best-in-class operating methods, as well as continued development and implementation of technologies. Oil and gas companies can reduce technical risks with improved reservoir models, better visualization, and more. These trends are likely to continue in the next two years, therefore affecting the international cooperation that exists between oil companies and universities. This is because these trends have become necessary conditions for the prosperity and survival of business in the modern energy market. Finally, in addition to all the complex skills required to meet the challenges outlined above, oil

and gas companies will need to continually develop the tools, communication, collaborative and innovative skills that will educate young, future professionals for an unseen and unpredictable future. To achieve these goals, companies and universities must use international technology that will achieve key goals in both education and job creation. In some ways, further development and successful use of soft skills are the hardest part of all, but they are essential to success.

Given the impact of the pandemic process on the mobility of international students and higher education, the authors must suggest that policy makers develop new higher education protocols and teaching models that will support key issues (economic, social, health, education and equality) in the long term. Higher education institutions have been able to develop creative and innovative solutions for both education and communication during the pandemic process. Social consequences University students who cannot travel abroad attend lectures and educational programs in different countries.

References

1. P. Romer «Economic Integration and Endogenous Growth» with Luis Rivera-Batiz / Quarterly Journal of Economics CVI, May 1991, pp. 531–55. (дата обращения: 15.01.2022)
2. Консультант Плюс, 1992–2014 [Электронный ресурс]. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158429/ (дата обращения: 15.01.2022)
3. Семь вызовов для русского университета // Эксперт. – 2013. – № 47. [Электронный ресурс]. – <http://www.hse.ru/news/105099367.html> (дата обращения: 15.01.2022)
4. П. Антипов «Свой среди своих» / «Optima study. Международное образование и языки» № 2 (8) март–апрель, 2013г.
2. Иванов Д. И. Взаимодействие общечеловеческого и национального в формировании культуры межнациональных отношений: Материалы VII международной научно-практической конференции «Этнопедагогические традиции формирования культуры межнациональных отношений». - Казань: Издательство КГПУ, 2000. - С.72-74.
3. Иванов Д. И. Тенденции международного межвузовского сотрудничества: Сборник научных трудов молодых ученых и студентов КГПУ «Актуальные проблемы педагогической науки». Выпуск 4. - Казань: Издательство КГПУ, 2001. - С.170-174.
4. Иванов Д. И., Маллиган П. и др. Партнерство российских и зарубежных специалистов в Татарстане: Интеллектуальные георесурсы № 3 [7]. - Казань: Издательство ЮГУ, 2001. - С.54-55.
5. Иванов Д. И. Роль международной деятельности высших учебных заведений: Сборник научных трудов молодых ученых и студентов КГПУ «Актуальные проблемы педагогической науки». Выпуск 5. - Казань, 2002. - С.80-83.

УДК 666.07

Мировые тенденции в нефтехмии: синтез высших углеводов по методу Фишера-Тропша (СФТ)

Ратьер Н.И.

*Воркутинский филиал Ухтинского государственного технического университета,
г. Воркута, Россия*

Глобальная экологическая повестка, взявшая курс на декарбонизацию мировой экономики, наряду с очевидными для России как для крупнейшего импортёра «вредного» углеводородного сырья негативными сценариями развития, может дать старт развитию нефтехимии. Эта отрасль относится к числу наиболее быстроразвивающихся в мире. Однако, Россия существенно отстаёт от мировых лидеров. Одним из критериев, характеризующих рост в этой отрасли, является годовое производство этилена. По данным Минэнерго России, суммарное производство этилена в мире составляет 175 млн.т. (данные на 2021 г.). Лидером являются США- 36 млн.т. В Китае производят 20 млн.т. В Саудовской Аравии – 18 млн.т. На Россию сегодня приходится 4,8 млн.т.

По оценке специалистов Минэнерго России, в ближайшие 15 лет будет увеличиваться спрос на нефтехимическую продукцию. Он даже будет опережать спрос на увеличивающееся потребление нефти. Поэтому в структуре использования углеводородов произойдут изменения: будет уменьшаться доля использования нефти в качестве моторного топлива (в связи с использованием возобновляемых источников энергии) и увеличиваться доля использования нефти в нефтегазохимической продукции.

Современная нефтехимия позволяет получать из углеводородов широчайший спектр продуктов и материалов. Под химическими продуктами подразумеваются функциональные производные углеводородов — спирты, альдегиды, кетоны, кислоты, галоид- и нитропроизводные, а также неорганические материалы — аммиак, водород. К материалам относят: пластмассы, каучуки, волокна, моющие средства, душистые вещества, лекарства, средства борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Эксперты утверждают, что сегодня четыре из пяти окружающих человека предметов, созданы с помощью нефтехимии. Это, прежде всего, пластмассы, или, пластик, представляющие собой полимеры.

Создание технологии синтеза полимеров из углеводородов и композиций на их основе открыло новую эру в истории человечества. С помощью полимерных материалов и композитов на их основе создают технику нового поколения в авиационной, оборонной, космической промышленности, в строительной отрасли, в автомобилестроении.

В связи с распространением тренда к все более широкому использованию альтернативных источников энергии следует обратить внимание на возможность получения из углеводородов нефти водорода. По мнению учёных именно водород как экологически чистое топливо может стать ведущим энергоносителем в будущем. Поэтому водородная энергетика рассматривается Евросоюзом, как одна из стратегий решения экологических проблем.

Сегодня наиболее экономически выгодным считается производство водорода из ископаемого сырья. По данным Международного энергетического агентства, в структуре мирового производства чистого водорода 75% приходится на природный газ, 23% — на уголь. Мировой спрос на чистый водород в настоящее время находится на уровне 75 млн. тонн в год.

В октябре 2020 года Правительством РФ была утверждена дорожная карта по развитию водородной энергетики в России до 2024 г. Главная задача — расширение производства и потребления водорода, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. Поэтому важнейшим направлением, на котором стоит сосредоточить усилия, является разработка технологий производства водорода (в том числе, из ископаемого сырья).

Огромные ресурсы природного газа в России идут либо на топливо, либо попросту сжигаются или закачиваются обратно в пласт. Такой подход в современных реалиях создает не только экологические, но и экономические проблемы.

Поэтому сегодня глобальной задачей отечественной нефтехимии является расширение химической переработки метансодержащих газов, разработка эффективных технологий органического синтеза на основе углеводородов, расширение и модернизация существующих нефтехимических производств.

Одним из наиболее актуальных направлений развития нефтехимии является получение химических продуктов из смеси CO и H₂ - синтез-газа — по методу Фишера-Тропша.

Технология превращения синтез-газа была разработана около 100 лет назад. Уже в начале 20 века по этому методу получали жидкое синтетическое топливо. Однако, широкого внедрения в промышленность технология до сих пор не получила. Интерес к ней развивался по синусоиде. Причин тому множество: и исключительно инженерно-технические, и экономические, и геополитические. Сегодня мы наблюдаем возрождение интереса, что обусловлено, на наш взгляд, мировой и национальной энергетической конъюнктурой.

Технологические возможности метода.

Сегодня известна целая группа методов получения синтетических топлив из синтез-газа под общим названием GTL. Это методы получили названия по виду используемого сырья: GTL (gas-to-liquid, «газ в жидкость»), CTL (coal-to-liquid, «уголь в жидкость»), BTL (biomass-to-liquid, «биомасса в жидкость»).

Технология GTL представляют собой стадийный процесс:

1. Получение синтез-газа (конверсией углеводородсодержащего сырья).

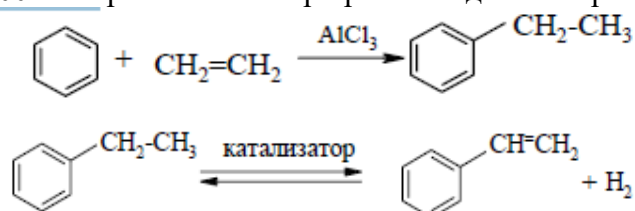
Синтез-газ может быть получен из разнообразного сырья: нефти, угля, торфа, тяжелых нефтяных остатков, биомассы, отходов с/х производства и др., т.е. из возобновляемых биоресурсов. С последним и связывают перспективность технологии.

2. Получение синтетических углеводородов (синтез Фишера-Тропша). На сегодня большинство производств сосредоточено именно на получении синтетических топлив. Однако, могут быть получены метанол и диметилвый эфир и огромный спектр веществ на их основе.

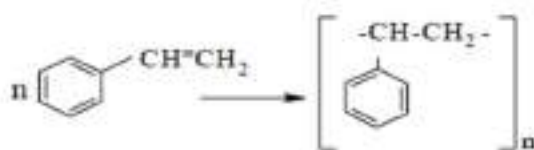
3. Облагораживание продукции, полученной на второй стадии (гидрокрекинг, гидроизомеризация) для придания высоких товарных свойств, разделение продуктов [1].

Углеводороды, получаемые по синтезу Фишера-Тропша, характеризуются отсутствием в них серы, азотсодержащих, в отдельных случаях - ароматических соединений. С точки зрения экологии - это существенное преимущество метода. Получают смесь углеводородов, представляющую собой: воски, масла, смазочные материалы, дизельные топлива, керосин, нефть, газообразные фракции C₂-C₄. Все получаемые продукты, в свою очередь, могут быть сырьем для нефтехимии, в том числе для производства высококачественных моторных топлив. Количественное содержание углеводородов различного вида (по данным реализованных сегодня в промышленности технологий) следующее: воски (C₁₉₊) до 40 мас.%, дизельное топливо - до 30%, нефть (C₅-C₁₀) - до 25%, газообразные у.в. до 10% от общего количества.

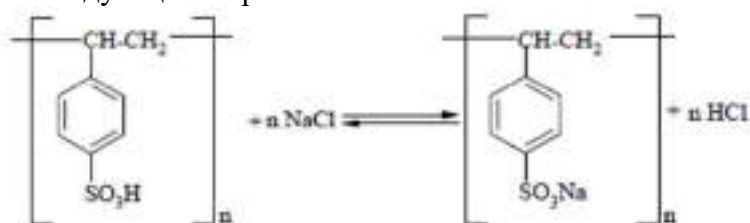
Из легкой газообразной фракции в промышленности получают ароматические углеводороды (бензол и его гомологи). Важным направлением использования бензола является производство этилбензола, а из него стирола. Алкилирование бензола этиленом проводится при 150-200 °С в присутствии катализатора AlCl₃. Затем проводят дегидрирование в присутствии катализатора оксида железа при температуре 700 С с применением перегретого водяного пара и получают стирол.



На основе стирола получают многочисленные виды полимеров: полистирол, модифицированные стиролом полиэферы, акрилонитрилбутадиенстирол (АБС), стирол-акрилонитрил (САН) и бутадиенстирол (БС).

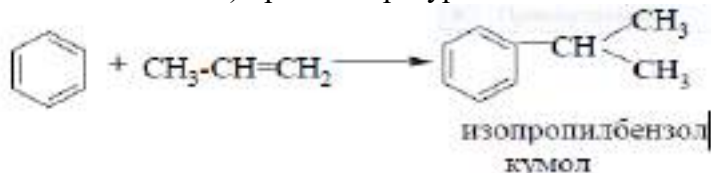


Высокомолекулярные полимеры стирола, содержащие кислотные группы (сульфогруппы, карбоксильные группы) представляют собой нерастворимые кислоты, способные обменивать водородный атом кислотной группы на ионы металлов из растворов электролитов. Образовавшиеся соли, в свою очередь, могут обмениваться катионами с растворами других солей или вновь замещать катион на протон из растворов солей. Такие смолы называются катионитами (также получают аниониты, способные замещаться на анион). Этот процесс протекает следующим образом:

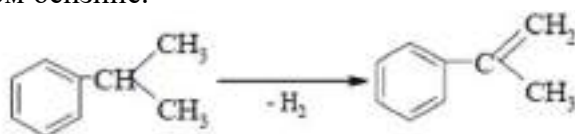


Катиониты и аниониты (иониты) находят широкое применение при обессоливании и умягчении воды, для извлечения ценных металлов из разбавленных растворов их солей, в производстве лекарственных веществ, в аналитической практике и т.п. Важной областью применения ионитов является использование их в качестве катализаторов процессов, ускоряемых протонами или гидроксильными группами.

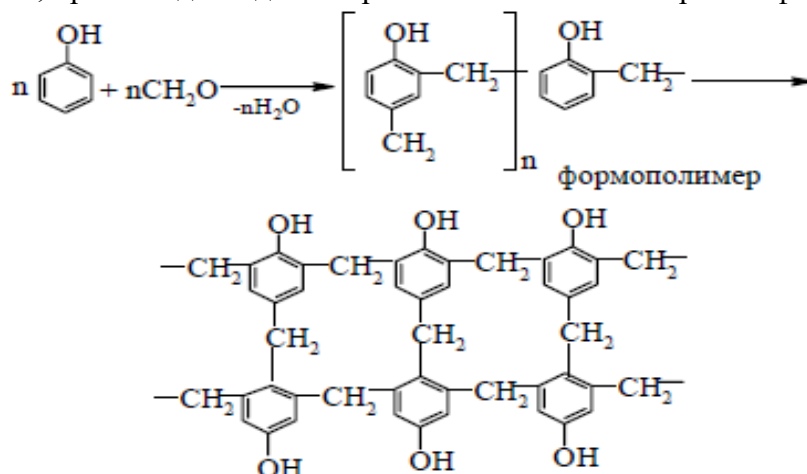
В промышленном масштабе алкилируют бензол пропиленом. Получают изопропилбензол (или кумол). На его производство расходуется более 40 % всех имеющихся ресурсов бензола. Алкилирование бензола осуществляется в присутствии фосфорной кислоты, нанесённой на кизельгур (оксиды кремния и алюминия) при температуре 220 0С и давлении 28 атм.



Кумол подвергают дегидрированию, также как и этилбензол, для получения метилстирола. α-метилстирол — мономер, который применяется для получения синтетических каучуков. В годы второй мировой войны кумол производили в больших количествах для использования в авиационном бензине.



В настоящее время кумол в промышленности применяется в основном для производства фенола. Фенол в больших количествах используется для производства фенолформальдегидных смол — самый старый вид в производстве пластмасс. Реакция конденсации фенола с формальдегидом, приводящая к образованию смол, впервые была описана профессором Байером в 1872 году. Через 30 лет Бакеланд разработал способ практического применения фенолформальдегидных смол. Фенолформальдегидные смолы — самые дешёвые из всех формуемых материалов, поскольку обычно они содержат около 50 % наполнителя (опилки, стекловолокно, масло). Наиболее важными свойствами этих материалов являются термостабильность, превосходные диэлектрические свойства и хорошая формуемость.



Пропилен можно направлять на олигомеризацию для получения компонентов моторных топлив и на полимеризацию для получения полипропилена [3].

Высшие α-олефины являются ценным сырьём при получении целого ряда химических веществ, используемых в быту и промышленной сфере. Синтезом Фишера-Тропша можно получать α-олефины с нечетным числом атомов углерода, которые недоступны для получения традиционными методами, в частности олигомеризацией этилена.

Нафта представляет собой смесь углеводородов C₅-C₁₀. Нафта, произведённая в

присутствии обычных кобальтовых катализаторов, может служить сырьем для получения олефинов. Благодаря чистоте и высокому содержанию линейных парафинов, она не отравляет катализаторы и позволяет получить больший по сравнению с нефтью нефтеперерабатывающих заводов выход олефинов. Поскольку синтетическая нефть не содержит циклических углеводородов, ее можно использовать в качестве растворителя в ряде химических процессов. В качестве компонента бензинов ценность нефти, полученной на обычных кобальтовых катализаторах, невелика вследствие низкого октанового числа. Большое количество дополнительных процессов, необходимых для получения бензина приемлемого качества, не привлекательно с экономической точки зрения. При реализации синтеза Фишера-Тропша в присутствии цеолитсодержащих катализаторов получаемая нефть содержит значительное количество изопарафинов и не содержит ароматики, поэтому может служить добавкой к прямогонному бензину для улучшения его качества [2].

Керосин (фракция углеводородов C₁₀-C₁₄ может служить ценным сырьем для получения реактивных топлив и поверхностно-активных соединений [3]. Этот продукт образуется как при первичном фракционировании полученной смеси углеводородов, так и при гидрокрекинге и гидроизомеризации восков с последующим разделением в ректификационной колонне.

Дизельное топливо, является, как правило, основным целевым продуктом процесса и имеет высокое цетановое число. Такое дизельное топливо практически не содержит серы и ароматических углеводородов, а также имеет низкую точку вскипания 90 % топлива и низкую плотность.

Воск (церезин), полученный синтезом Фишера-Тропша, продукт высокого качества, находящий применение в фармакологической и парфюмерной промышленности, а также в производстве свечей, мастик, пластификаторов, вощеной бумаги, сплавов для точного литья [3]. От продуктов минерального происхождения синтетические воски отличает высокая чистота, низкая аллергенная активность и более высокая температура плавления. Также эти тяжелые парафины характеризуются низкими показателями розлива и летучести и являются лучшим базовым сырьем для производства смазок по сравнению с продуктами нефтепереработки [3].

Основа для производства масел, получаемая из воска гидрокрекингом и гидроизомеризацией, не требует последующих процессов очистки масел от соединений серы и ароматических углеводородов [4]. Отсутствие в этих маслах примесей гетероатомов, низкое содержание ароматических соединений делают их менее коррозионно-активными.

Таким образом, нефтехимическая промышленность производит синтетические материалы, прочно вошедшие в жизнь современного человека. Нефтехимическое производство - это способ сложной переработки углеводородов, сырьем для которого служат продукты, получившиеся в результате базовых процессов, главным образом, это лёгкие фракции углеводородов - от газов до прямогонных бензинов. На долю России приходится около 24% мировых запасов газа. Многие месторождения расположены в неблагоприятных климатических зонах с неразвитой инфраструктурой. Поэтому существенная часть газов до настоящего времени остаётся невостребованной. Современная экологическая повестка требует новых подходов к монетизации российского газа, в числе которых могут быть GTL-технологии.

Библиографический список:

1. Краснова К.М. Технология GTL - история и перспективы развития // Материалы презентации ФГУНПП "Аэрогеология". - 2006. - №7. – С. 34-36.
2. Мордкович В.З., Синева Л.В., Кульчаковская Е.В., Асалиева Е.Ю. Четыре поколения технологии получения синтетического жидкого топлива на основе синтеза Фишера - Тропша // Катализ в промышленности. - 2015. - №5. - С. 25-28.
3. Синева Л.В., Мордкович В.З., Ермолаев В.С., Ермолаев И.С., Митберг Э.Б., Соломоник И.Г. // Катализ в промышленности. - 2012. - № 6.- С. 13-22.
4. Соломоник И.Г., Мордкович В.З., Ермолаев В.С., Синева Л.В., Митберг Э.Б. Пат. 2422202 РФ. Катализатор синтеза Фишера – Тропша и способ получения углеводородов на этом катализаторе. – 2011. - №14. – С. 18

Структурные и технологические особенности повышения надежности газотурбинных приводов для нефтегазовой промышленности

Михайлов Д.А.¹, Шейко Е.А.¹, Пичко Н.С.², Пичко А.П.², Михайлов А.Н.^{2,3}

1 - Академия гражданской защиты МЧС ДНР, г. Донецк, ДНР,

*2 – Усинский филиал Ухтинского государственного технического университета,
г. Усинск, Россия,*

3 – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР

В настоящее время для обеспечения работы технологического нефтегазопромыслового оборудования широко используются газотурбинные приводы - благодаря их высокой эффективности и нетрадиционным технико-экономическим показателям. Они применяются в качестве привода нефтеперекачивающих и газоперекачивающих агрегатов, газлифтных и компрессорно-насосных систем, блочно-транспортабельных и газотурбинных электростанций и другого технологического оборудования.

В последнее время освоены в производстве газотурбинные приводы широкого диапазона мощности, которая уже достигает десятки мегаватт. К числу наиболее применяемых технологических систем можно отнести газотурбинные установки SGT 300 Tempest и SGT 100 - 1S (Тайфун), компрессорные станции с газоперекачивающими агрегатами ГТК-10И и ГПА-6,3, электростанции газотурбинные ЭГ-6000 и ПАЭС-2500 и другие системы. В этих технологических системах основными подсистемами являются газотурбинные приводы, которые обеспечивают необходимые силовые и кинематические параметры эксплуатации агрегатов.

Можно отметить, что газотурбинный привод представляет собой двигатель внутреннего сгорания, работающий в соответствии с термодинамическим циклом Брайтона. Структура газотурбинного привода состоит из множества элементов, при этом к основным подсистемам газотурбинного привода можно отнести: компрессор, камера сгорания, турбина компрессора, свободная турбина и другие составляющие. От общего количества структурных элементов этих подсистем зависит структурная надежность газотурбинного привода [1, 2, 3].

Целью данной работы является повышение надежности газотурбинного привода на основе анализа его структурной надежности и разработки методов ее повышения.

В соответствии с поставленной целью в данной работе предусмотрено решение следующих задач: выполнить анализ структурных вариантов газотурбинных приводов; разработать методы повышения структурной надежности элементов и подсистем газотурбинного привода; предложить технологический метод повышения ресурса элементов газотурбинного привода.

2. Анализ структурных вариантов газотурбинных приводов

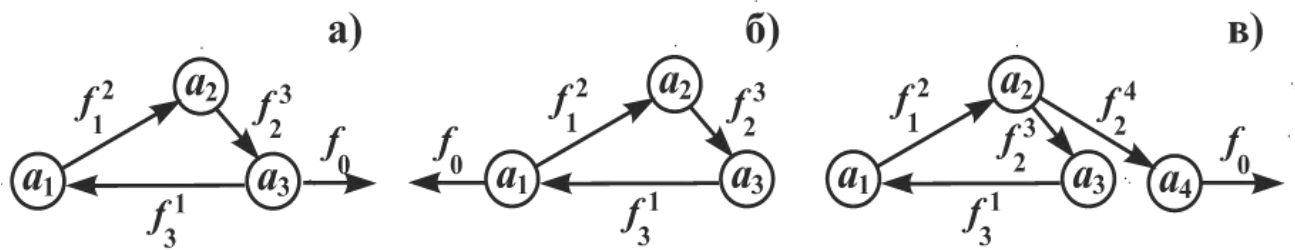
Выполненный анализ структурных вариантов газотурбинных приводов показал, что они могут компоноваться по двум вариантам [1, 2]:

- однокаскадные газотурбинные приводы;
- многокаскадные газотурбинные приводы.

Однокаскадные газотурбинные приводы могут выполняться на базе трех схем (рис. 1):

- с выходным валом назад (рис. 1, а);
- с выходным валом вперед (рис. 1, б);
- со свободной турбиной (рис. 1, в).

На рис. 1 показаны структурные схемы вариантов однокаскадного газотурбинного привода. Здесь показано следующее: a_i - i -я подсистема газотурбинного привода; f_i^j - связь между подсистемами (действие i -й подсистемы на j -ю подсистему); f_0 - вывод мощности из газотурбинного привода.

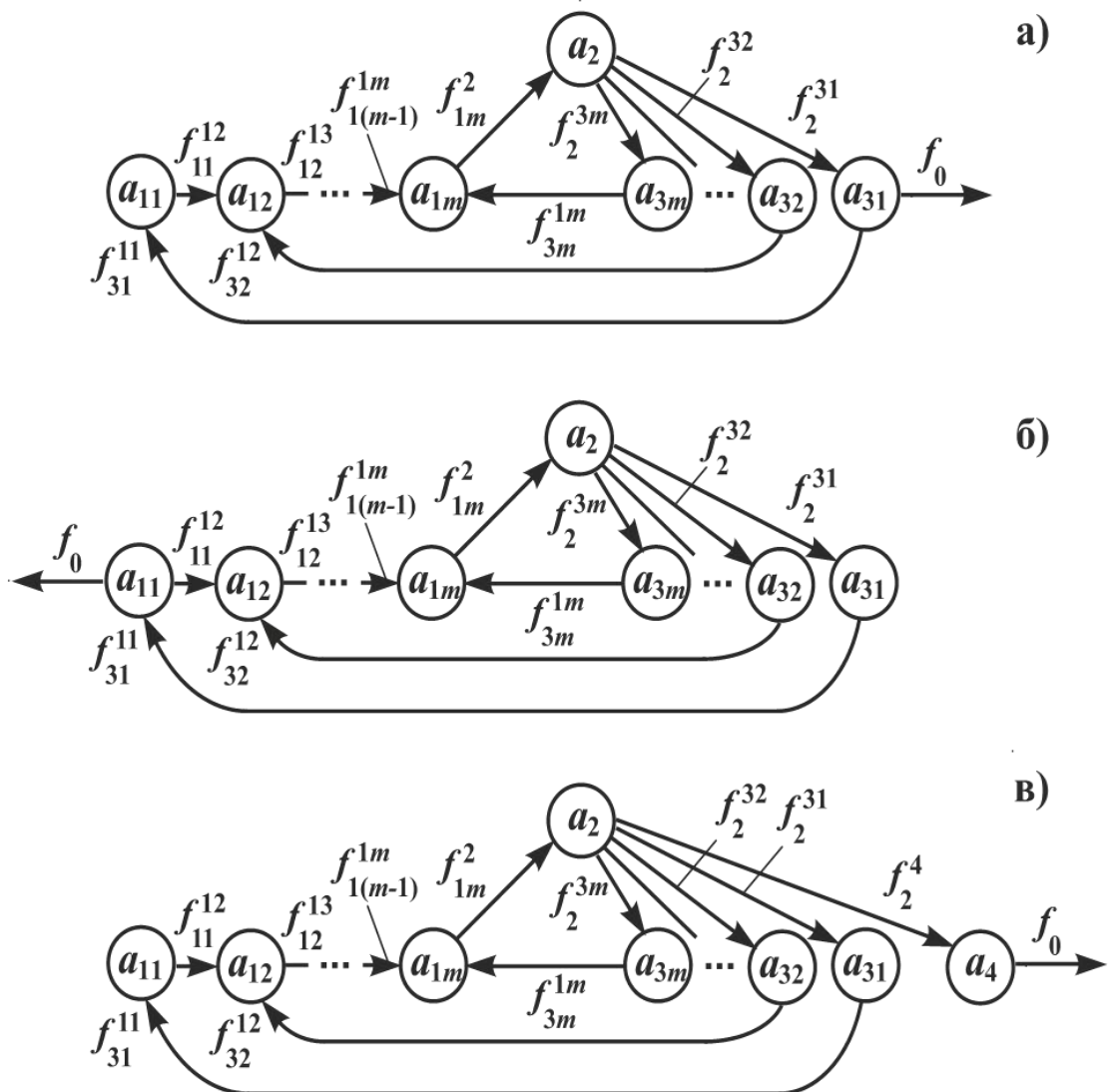


а – с выходным валом назад, б – с выходным валом вперед, в – со свободной турбиной

Рисунок 1 - Структурные схемы вариантов однокаскадного газотурбинного привода.

На рис. 2 представлены структурные варианты многокаскадного газотурбинного привода, в котором турбокомпрессор может иметь не менее двух каскадов. При этом многокаскадные приводы выполняются по следующим схемам:

- с выходным валом назад (рис. 2, а);
- с выходным валом вперед (рис. 2, б);
- со свободной турбиной (рис. 2, в).



а – с выходным валом назад, б – с выходным валом вперед, в – со свободной турбиной

Рисунок 2 - Структурные схемы вариантов многокаскадного газотурбинного привода:

Следует отметить, что многокаскадные варианты газотурбинного привода обеспечивают степень сжатия 30:1 и более. При этом компрессоры в газотурбинных приводах могут быть

двух типов, а именно, центробежные и/или осевые.

Обычно центробежные компрессоры применяются для небольших газотурбинных приводов для обеспечения их компактности и жесткости. Они создают степень сжатия до 10:1 на одной ступени (для одного каскада), причем центробежные компрессоры газотурбинного привода дешевле и проще в изготовлении. При этом у осевых компрессоров более простая балансировка ротора, а также они обеспечивают возможность создания высоких частот вращения ротора (до 100000 об/мин).

Осевые компрессоры способны обеспечивать степень сжатия 30:1 и более. Однако повышение рабочих характеристик компрессоров приводит к усложнению управления воздушным потоком по проточной части компрессора, причем с увеличением степени сжатия повышается вероятность срыва потока и помпажа. Для исключения этих явлений дополнительно вводятся специальные устройства для управления потоком воздуха по проточной части газотурбинного привода и обеспечения его устойчивой работы. Особенно это необходимо во время пуска газотурбинного привода и его работы на нештатных режимах.

На основании основных положений алгебры структур, структуру газотурбинного привода можно представить следующим образом:

$$Str_{ГТП} = \{A, F\}, \quad (1)$$

где $Str_{ГТП}$ – структура газотурбинного привода;

A – множество подсистем структуры газотурбинного привода;

F – множество связей между подсистемами газотурбинного привода.

В выражении (1) элементы множества состоят из следующих подмножеств:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots\};$$

$$F = \{f_1^2, f_2^3, f_3^1, \dots\},$$

где a_i – любой i -й структурный элемент множества A ;

f_i^j – связь между подсистемами структуры (a_i -й подсистема (оператор) действующая на a_j -ю подсистему (операнд)).

3. Методы повышения структурной надежности элементов и подсистем газотурбинного привода

В процессе создания конструкции газотурбинного привода, на этапе его проектирования выполняется структурный анализ надежности. В этом случае, при структурном анализе надежности газотурбинного привода определяется ожидаемая надежность в вероятностном аспекте. Поэтому надежность функционирования газотурбинного привода можно оценивать по вероятности сохранения гарантированного ресурса его работы.

Для газотурбинного привода, состоящего из n подсистем (рис. 1 и рис. 2), за наработку t вероятность сохранения его безотказной работы определяется следующим образом [1]:

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) \cdots P_i(t) \cdots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

где $P(t)$ - вероятность безотказной работы газотурбинного привода за наработку t ;

$P_i(t)$ - вероятность безотказной работы i -й подсистемы газотурбинного привода за наработку t ;

n – количество подсистем в газотурбинном приводе.

Для подсистем газотурбинного привода структурно-логические формулы надежности будут следующие (рис. 1 и рис. 2):

- для турбокомпрессора, имеющего две подсистемы

$$P(t) = P_1(t) P_3(t);$$

- для газогенератора, имеющего три подсистемы

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) P_3(t);$$

- для структурной схемы, имеющей четыре подсистемы, включая свободную турбину

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) P_3(t) P_4(t).$$

Формула надежности для i -й подсистемы газотурбинного привода определяется следующим образом:

$$P_i(t) = \prod_{r=1}^{v_i} p_{ir}(t), \quad (2)$$

где $p_{ir}(t)$ - вероятность безотказной работы r -го элемента i -й подсистемы газотурбинного привода;

v_i - общее количество структурных элементов i -й подсистемы газотурбинного привода.

В случае, когда вероятность безотказной работы $p_{ir}(t)$ структурных элементов i -й подсистемы газотурбинного привода можно представить через интенсивность отказов, выражение (2) будет следующее:

$$P_i(t) = \prod_{r=1}^{v_i} \exp \left[- \int_0^t \lambda_{ir}(\tau) d\tau \right], \quad (3)$$

где $\lambda_{ir}(\tau)$ - интенсивность отказов r -го элемента i -й подсистемы газотурбинного привода.

После преобразований, выражение (3) можно представить следующим образом

$$P_i(t) = \exp \left[- \sum_{r=1}^{v_i} \int_0^t \lambda_{ir}(\tau) d\tau \right]. \quad (4)$$

Можно отметить, что газотурбинные приводы относятся к лопаточным системам, имеющим множества лопаток в подсистемах, при этом все лопатки в этих подсистемах обычно идентичны по вероятности безотказной работы. В этом случае, можно записать:

$$p_{i1}(t) = p_{i2}(t) = \dots = p_{ir}(t) = \dots = p_{iv_i}(t) = p_{io}(t);$$

$$\lambda_{i1}(\tau) = \lambda_{i2}(\tau) = \dots = \lambda_{ir}(\tau) = \dots = \lambda_{iv_i}(\tau) = \lambda_{io}(\tau),$$

где $p_{io}(t)$ - вероятность безотказной работы любого элемента i -й подсистемы газотурбинного привода;

$\lambda_{io}(\tau)$ - интенсивность отказов любого элемента i -й подсистемы газотурбинного привода.

На основании этого, выражения (2) и (4), i -й подсистемы газотурбинного привода, будут иметь следующий вид:

$$P_i(t) = [p_{io}(t)]^{v_i}, \quad (5)$$

$$P_i(t) = \exp \left[- v_i \int_0^t \lambda_{io}(\tau) d\tau \right]. \quad (6)$$

На рис. 3 представлена вероятность безотказной работы $P_i(t)$ i -й подсистемы газотурбинного привода в зависимости от общего количества v_i рабочих элементов. Здесь, расчеты проведены для следующих значений вероятности безотказной работы элементов газотурбинного привода: $p_{io}(t) = 0,99999$; $p_{io}(t) = 0,9999$; $p_{io}(t) = 0,999$; $p_{io}(t) = 0,99$.

Выполненный анализ полученных результатов, представленных на графиках рис. 3 позволил установить, что при увеличении числа элементов каждой подсистемы газотурбинного привода, вероятность безотказной работы его подсистем резко уменьшается. С увеличением вероятности безотказной работы каждого элемента можно получить заданную вероятность сохранения

безотказности каждой подсистемы газотурбинного привода. Вместе с тем, в этом случае нужно учитывать возможные затраты и повышение себестоимости изготовления элементов.

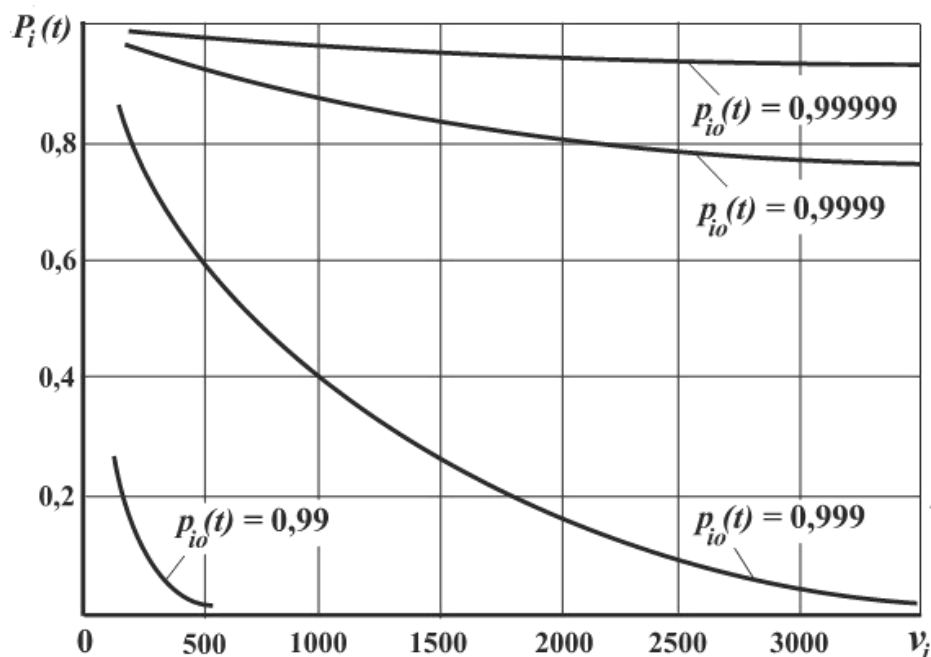


Рисунок 3 - Зависимость вероятности безотказной работы i -й подсистемы газотурбинного привода от общего числа рабочих элементов (лопаток)

Проведенный анализ структурной надежности подсистем газотурбинных приводов позволил установить, что для повышения вероятности сохранения безотказности i -й подсистемы газотурбинного привода возможно применение следующих основных методов [1]:

1. На основе увеличения вероятности безотказной работы каждого структурного элемента газотурбинного привода за счет применения специальных материалов, покрытий, обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток и тому подобного.

2. Посредством увеличения вероятности безотказной работы каждой подсистемы газотурбинного привода на основе улучшения условий их работы.

3. На основе повышения вероятности безотказной работы каждой подсистемы газотурбинного привода на основе применения метода восстановления работоспособности за счет периодической замены элементов - новыми.

4. Посредством увеличения вероятности безотказной работы безотказной работы каждой подсистемы газотурбинного привода за счет применения метода восстановления работоспособности на основе применения многократного восстановления структурных элементов посредством их ремонта за период наработки.

Структурно-логическая формула надежности для i -й подсистемы газотурбинного привода в случае восстановления ее работоспособности путем замены новыми элементами имеет следующий вид:

$$P_i(t) = \left[1 - [1 - p_{io}(t)]^{v_{io}} \right]^{v_i},$$

где v_{io} - количество замен структурных элементов новыми в i -й подсистеме газотурбинного привода.

При этом структурно-логическая формула надежности для i -й подсистемы газотурбинного привода в случае восстановления ее работоспособности путем восстановления одних и тех же структурных элементов (лопаток) имеет следующий вид:

$$P_i(t) = \left[1 - \prod_{\eta=1}^{v_{io}} [1 - p_{io\eta}(t, v_{io\eta})] \right]^{v_i},$$

где $p_{i0\eta}(t, v_{i0\eta})$ - вероятность безотказной работы η - го восстанавливаемого структурного элемента (лопатки) i -й подсистемы газотурбинного привода;
 v_{i0} - количество замен структурных восстанавливаемых элементов (лопаток) в i -й подсистеме газотурбинного привода.

На рис. 4 показана зависимость вероятности безотказной работы i -й подсистемы газотурбинного привода в зависимости от количества восстановлений рабочих элементов (лопаток) для $v_i = 2000$ с различными значениями вероятности безотказной работы каждого элемента после его восстановления. Анализ графиков рис. 4 показал, что уже при двух-трех восстановлении структурных элементов можно обеспечить высокие значения вероятности безотказной работы $P_i(t)$ всей подсистемы.

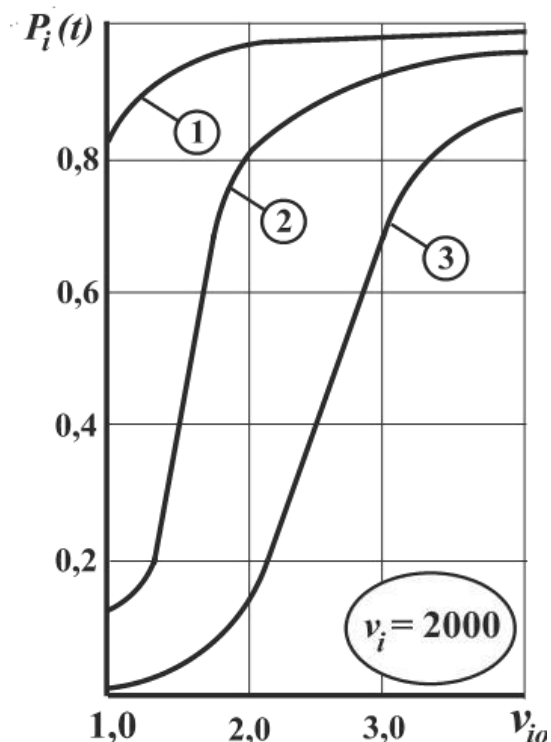


Рисунок 4 - Зависимость вероятности безотказной работы i -й подсистемы газотурбинного привода в зависимости от количества восстановлений рабочих элементов для $v_i = 2000$

4. Технологический метод повышения ресурса элементов газотурбинного привода

Для повышения ресурса лопаток компрессора, турбины или свободной турбины газотурбинного привода на перо лопатки наносится функционально-ориентированное многослойное износостойкое покрытие, например вакуумное ионно-плазменное нитрид титановое покрытие [5]. В этом случае, посредством многослойного покрытия, с равной толщиной каждого слоя, обеспечивается напыление покрытия переменной толщины.

Процесс напыления функционально-ориентированных покрытий на лопатки компрессора или турбины выполняется в три этапа [4, 5]:

1. Выполняется анализ особенностей износа опытного покрытия. В этом случае, через равные промежутки времени, выполняются замеры геометрических параметров особенностей износа опытного покрытия, а именно измеряются параметры пространственного контура границ зоны износа покрытия.

2. По геометрическим параметрам износа опытного покрытия, а именно пространственного контура границ износа опытного покрытия, изготавливаются специальные защитные экраны с аналогичными параметрами пространственного контура границ экранов для каждого промежутка времени износа.

3. Последовательно выполняется напыление многослойного нитрид титанового

разработки методов их повышения. При этом в данной работе выполнен анализ структурных вариантов газотурбинных приводов и разработаны конкретные методы повышения структурной надежности элементов и подсистем газотурбинного привода. Предложенный способ обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток значительно повышает их ресурс [3, 4].

Библиографический список:

1. Пичко, А. П. К определению структурной надежности газотурбинных установок нефтегазовой промышленности / А. П. Пичко, А. А. Колодяжный, Д. А. Михайлов и [др.] // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2018. - Вып. 2 (61). - С. 64 - 74.
2. Пичко, А. П. Особенности обеспечения свойств лопаток компрессора и турбины газотурбинной установки на базе функционально-ориентированных покрытий и равенства их ресурсов / А. П. Пичко, Д. А. Михайлов, Е. А. Шейко и [др.] // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2019. - Вып. 1 (64). - С. 68 - 76.
3. [Михайлов, Д. А. Некоторые особенности формирования функционально-ориентированных свойств структуры газотурбинного двигателя и связей параметров технологических процессов / Д. А. Михайлов А. Н. Михайлов, А. А. Колодяжный, Е. А. Шейко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2021. - Вып. 3 \(74\). - С. 50 - 64.](#)
4. Михайлов, Д. А. [Общие особенности технологического инжиниринга газотурбинного двигателя с функционально-ориентированными свойствами структуры](#) / Д. А. Михайлов, А. Н. Михайлов, Н. С. Пичко, Е. А. Шейко // Научно-технические технологии в машиностроении. – Брянск: БГТУ, 2021. - № 10 (124). – С. 28-38.
5. Патент № 2718877 RU. С23С 14/04. Способ нанесения функционально-ориентированного износостойкого покрытия на лопатку газотурбинного двигателя / А. Н. Михайлов, Д. А. Михайлов, В. А. Михайлов, Е. А. Шейко, А. П. Пичко, Н. С. Пичко, В. И. Сухарев. Заявка № 2018107164 от 26.02.2018. – Бюл. № 11, 15.04.2020. – 7 с.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

<p>A</p> <p>Abbasov H. 877, 899</p> <p>B</p> <p>Borisova O.V. 865</p> <p>C</p> <p>Chugunkina I. 884</p> <p>F</p> <p>Fabunmi S.F. 860</p> <p>I</p> <p>Ignatskaya L.Ya. 896</p> <p>K</p> <p>Kapembwa W. 882, 901</p> <p>Kirsanov I.D. 891</p> <p>L</p> <p>Latynina A. 882</p> <p>Lavrenyuk M. 888</p> <p>Lyuosev V.V. 865</p> <p>M</p> <p>Mikheev D.M. 865</p> <p>N</p> <p>Nekuchaev V.O. 865</p> <p>O</p> <p>Ogorodnikov D. 894</p> <p>P</p> <p>Palamarchuk V.I. 871</p> <p>Polyakov A. 877, 882, 901</p> <p>Polyakova I. 899</p> <p>R</p> <p>Ratier N. 894</p> <p>Ratier N.I. 891</p> <p>T</p> <p>Tarsin A.V. 865</p> <p>V</p> <p>Valeriia Pankratova 862</p> <p>W</p> <p>Wang Yujia 862</p> <p>A</p> <p>Автамонов В.А. 294, 302</p> <p>Агинея Р.В. 458</p> <p>Алефиров И.А. 450</p> <p>Алехина Я.А. 47</p> <p>Андреев А.А. 44</p> <p>Андрухова О.В. 873</p> <p>Антонова Н.В. 729</p> <p>Арзиев А.Ш. 182</p> <p>Арзиева Ш.Ш. 182</p> <p>Аристов А.И. 220</p> <p>Артемьев С.С. 104</p>	<p>Аршинов И.А. 271</p> <p>Асеева А.О. 733</p> <p>Б</p> <p>Бабушкин П.П. 652</p> <p>Бажукова Д.П. 547</p> <p>Базарова А.И. 597</p> <p>Базарова А.М. 341, 344, 543</p> <p>Базарова И.А. 563, 576, 606</p> <p>Бакулина Л.П. 191</p> <p>Балин С.А. 307</p> <p>Басюк А.С. 769</p> <p>Безносиков К.П. 44</p> <p>Белый Р.Е. 374</p> <p>Белых А.Д. 309</p> <p>Белых В.А. 315</p> <p>Бельский С.Г. 368</p> <p>Бессолов Д.А. 320</p> <p>Бикбулатова Г.М. 736</p> <p>Блинова А.Ю. 655</p> <p>Блоцкий В.Р. 40</p> <p>Бобрик М.М. 480</p> <p>Богданов Н.П. 687</p> <p>Борейко Д.А. 302, 335</p> <p>Борисов Е.Д. 791</p> <p>Бояркина А.С. 632</p> <p>Бугаева Е.В. 169, 197</p> <p>Бурмистрова О.Н. 644</p> <p>Быков И.Ю. 299, 309, 315, 320, 326, 331</p> <p>Быкова М.В. 800</p> <p>В</p> <p>Валеева А.Р. 736</p> <p>Валеева Д.А. 240</p> <p>Валиуллини А.И. 736</p> <p>Василенко С.А. 164</p> <p>Васильев Н.С. 361</p> <p>Васькин Д.Д. 36</p> <p>Вельтистова О.М. 146, 164</p> <p>Вершинин А.С. 364</p> <p>Веряскина Е.М. 615</p> <p>Видзон Е.В. 805</p> <p>Витязев И.И. 299</p> <p>Вишератин В.А. 453</p> <p>Волкова С.А. 450</p> <p>Воробьев М.А. 474</p> <p>Ворона А.А. 523</p>	<p>Воронин Н.А. 252</p> <p>Вычерова Н.Р. 207</p> <p>Г</p> <p>Габов В.Ю. 62</p> <p>Габова М.Н. 289</p> <p>Гафарова О.О. 240</p> <p>Гаффанова Р.И. 467</p> <p>Герберт Д.В. 223, 268, 687</p> <p>Голик В.В. 368</p> <p>Головешкина М.С. 289</p> <p>Гомзиков Б.В. 200</p> <p>Гонтарук К.П. 661</p> <p>Гончаров И.П. 474</p> <p>Горячевский А.С. 97</p> <p>Грибунина К.А. 478</p> <p>Григорьев С.И. 406</p> <p>Григорьева Т.А. 391</p> <p>Грунковой Т.В. 655, 663, 683</p> <p>Гулина В.С. 758, 761</p> <p>Гуляева А.П. 821</p> <p>Гурьянов Н.А. 691</p> <p>Д</p> <p>Дао М.У. 739</p> <p>Дворецкая П.С. 233, 236, 246, 563, 576, 606</p> <p>Девальтовский Е.Э. 624</p> <p>Демченко Н.П. 151, 182</p> <p>Денисов М.А. 326</p> <p>Додонов А.В. 261</p> <p>Дорогобед А.Н. 587</p> <p>Дроздова А.Р. 743, 773</p> <p>Думицкая Н.Г. 364</p> <p>Дуркин В.В. 491, 506</p> <p>Е</p> <p>Емельянычева Е.А. 694</p> <p>Ефимова К.А. 381</p> <p>Ж</p> <p>Жангабылов Р.А. 514, 871</p> <p>Желязков И.И. 157</p> <p>Жодик А.Ю. 852</p> <p>Жуйков А.Е. 669, 673</p> <p>З</p> <p>Заборовская В.В. 129, 197</p> <p>Завьялов Д.Ю. 828</p> <p>Засовская М.А. 721</p> <p>Земенкова М.Ю. 368</p>
---	--	---

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Зуевская Ю.А.	856	Лукаш А.А.	426	П	
И		Лушан А.В.	429	Пабузин Е.В.	396
Иванова Е.С.	622	Лютоев А.А.	294	Павловская А.В.	828, 845,
Иванова М.И.	694	М			856
Иддрис Р.	873	Мадышев И.Н.	338	Павловский В.Г.	110
Ильясов В.Х.	480, 697	Макаров А.С.	119	Паплевченков В.С.	721
Ионов В.А.	567	Малинин В.Г.	361	Пармузин П.Н.	836
Исупова Е.В.	385	Маматказин М.А.	182	Патраков П.В.	783
Исхакова Г.Р.	484	Маммадова Г.Г.	538	Перегудова А.С.	437
К		Мамонтова Н.В.	667	Пильник Ю.Н.	758
Калинина Т.В.	697	Маракова И.А.	132, 144,	Пичко А.П.	884, 908
Каменских С.В.	93		169	Пичко Н.С.	884, 908
Карабанов Б.Д.	29	Маркин А.Н.	484	Полетаев С.В.	40
Качесов И.А.	721	Матвеева В.А.	796	Полетаева С.Н.	26
Каюков В.В.	831	Махмудов А.Э.	496	Поликарпова М.В.	676, 679
Кириенко А.В.	765	Медведев А.В.	157	Политов Н.М.	87
Кислицын К.А.	261	Медведев Д.Ю.	361	Полубоярцев Е.Л.	480
Клементьев С.В.	739	Мингазов Р.Р.	467	Попова Е.К.	162, 836
Климова И.В.	661	Миронюк А.В.	47, 53	Попова Л.В.	352
Климович М.В.	574	Митрофанов Б.А.	669	Попова Ю.Е.	800
Кожанова Н.В.	622	Митько А.В.	809	Потапов Ю.А.	683
Кожевникова П.В.	547,	Михайленко Е.В.	632	Р	
	552, 581	Михайлов А.Н.	908	Рагимова М.С.	535
Коломинова М.В.	640	Михайлов Д.А.	908	Ратиер Н.И.	903
Кольм А.А.	615	Михайлова Ю.Е.	491	Ревичев К.С.	441
Комлина Е.Е.	825	Михеев С.С.	496	Редькин Л.К.	36
Коптяев Д.Л.	62, 68, 79	Михеевский Е.В.	644	Резниченко В.В.	786
Король С.А.	648	Михитаров А.Р.	349	Рзаева Х.Дж.	535
Корсаков К.А.	701	Молчанов Д.А.	584	Рогачевский И.М.	252
Красова А.А.	828	Мордвинов Ю.А.	648	Рожкин В.Д.	18
Круслякова Е.С.	226	Мусинская Е.С.	172	Ростовщиков В.Б.	172
Крутецкий Е.С.	576	Мучкинова Л.И.	344	Рочев А.Н.	519
Крутецкий Е.С.	233, 236,	Мушинский В.Л.	552	Рочев К.В.	597
	246, 563, 606	Н		Рочева В.В.	216
Крючков С.В.	359	Набиева Е.М.	349, 831	Рылько Н.М.	352
Кудряшова О.М.	213, 567	Нагибина А.В.	719	С	
Кузечкин Д.В.	93	Намазова Г.И.	535	Сабельников М.Ю.	146
Кунцев В.Е.	279, 559	Нгуен В.Т.	739	Савельев Д.Ю.	104, 791
Кушнер Л.Е.	107	Некрасов К.А.	716	Савельев Я.В.	502
Л		Николенко Т.А.	240, 243	Савич В.Л.	271,
Лаврентьева А.В.	776	Новоженин С.Ю.	478		359, 361
Лаврова С.В.	420	Новокрещенова И.Р.	719	Садьков Т.И.	726
Лазарева В.Г.	746, 751	Нор Е.В.	676, 683	Сажин А.А.	743
Ланцова М.А.	283	Носова М.В.	780	Сазанова Н.В.	256, 354
Лапин Н.С.	401	Нурутдинов Э.Р.	640	Сазанская Д.Е.	359
Ларионов Т.Д.	673, 706	О		Саматова Т.Б.	815
Ле В.Т.	739	Овчарова Т.А.	162, 175	Санников И.В.	338
Лиджиев Б.С.	341	Орлова О.Ф.	673, 706	Саприн С.В.	805
Липин А.И.	581	Осколкова М.Д.	138, 144	Саприн С.В.	733, 783
Литвинова М.И.	129, 213	Осташова Я.В.	587	Сафиуллина Е.У.	527
Логачев Ю.Л.	119	Отев К.С.	341, 344	Сафонкин А.В.	840
Логачёв Ю.Л.	123			Сбитнева Я.С.	138

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Семенова А.И.	796	Тимохова О.М.	207	Черепанова М.А.	271
Семяшкин Е.А.	601	Тимоховец В.Д.	612	Черкасова М.С.	657
Сератирова В.В.	729, 761	Траат К.А.	79	Черных В.Т.	437
Сергеев А.В.	480	Траат Л.А.	53	Чижевская Е.Л.	381
Середина В.П.	780	Третьякова М.В.	396	Чичиланова Я.И.	612
Сидоров В.К.	809	Трохов В.В.	849	Чувашов А.А.	352, 552
Сироткин А.С.	739	Тургенева О.О.	188	Чувашов Н.А.	279, 559
Ситков С.А.	845	Ты Т.Ч.	739	Чугункина И.В.	842
Скребенков Е.А.	769	У		Чукилев А.Е.	29
Смирнов В.А.	530	Уляшев А.В.	769	Чупрова В.Н.	815
Смирнов Ю. Г.	246	Уляшев А.Е.	22, 608	Ш	
Смирнов Ю.Г.	216, 226, 229, 233, 236	Уляшева Н.М.	97	Шабанов А.Н.	243
Смирнова В.Д.	679	Уткин Р.О.	800	Шагиахметов А.М.	530
Соибов Б.С.	229	Уторов Д.А.	151	Шайганова А.А.	842
Соловьев С.Е.	233, 236, 563, 606	Ф		Шамбулина В.Н.	697, 706
Соловьёв С.Е.	246, 576	Фатхуллин К.Д.	663	Шандыбин А.А.	175
Сорокин К.С.	59	Фатхутдинова А.А.	710	Шарыпов В.В.	506
Сочко С.С.	601	Федак А.Н.	776	Шевельдин К.А.	359
Стамбулова А.А.	828	Федоров В.Т.	426	Шейко Е.А.	908
Старцев А.Э.	22, 608	Фёдорова В.А.	68	Шелгинский И.Д.	445
Стрельников Е.В.	249	Федорова К.Т.	746	Шестаков Р.А.	420
Стрюков П.В.	223, 268, 687	Филиппов С.Ю.	385	Шилова С.В.	252, 584
Сулейманов Ш.М.	535	Франчук Ю.С.	751	Шкутов И.В.	432, 434, 458, 462
Сумароков С.И.	511	Х		Шутов Д.А.	191, 229
Суркова К.С.	514	Хабаров Е.А.	391, 714	Щ	
Суханов А.А.	687	Хабаров М.В.	331	Щербаков Р.Э.	114
Сюткин Е.В.	574	Хабарова З. В.	714	Щетинин Е.В.	18
Т		Хабарова З.В.	391	Ю	
Терентьева М. В.	714	Харитонов В.С.	396	Юрецкая Н.Н.	453
Терентьева М.В.	391, 401, 441	Хламов В.А.	294, 335	Ющенко С.С.	530
Тереньтев А.Е.	132	Хлынова Н.М.	691	Я	
Тетеревлева Е.В.	36	Хомутникова У.И.	286	Яворская Е.Е.	385, 462
Тетерина К.С.	519	Хорошилов Р.А.	123	Ямброськин М.В.	624
Тимохов Р.С.	200	Ц		Ямкин М.А.	527
		Цуканова А.Н.	87	Ясеновец А.В.	601
		Ч			
		Чемшикова Ю.М.	637		
		Черевань В.С.	203		