

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

Современные проблемы развития Европейского Севера

Материалы
Всероссийской научно-практической конференции

(27 мая 2021 года)

Ухта
УГТУ
2022

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Современные проблемы развития Европейского Севера

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(27 мая 2021 года)

УДК [5+6](061.3)

ББК 94 я5

К 65

Конференция Всероссийская научно-практическая (27 мая 2021 г. ; Ухта).

К 65 Современные проблемы развития Европейского Севера : материалы конференции / под редакцией Р. В. Агиней. – Ухта : УГТУ, 2022. – 108 с. : ил. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6045346-1-8

В сборнике представлены доклады I Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития Европейского Севера», проведённой Ухтинским государственным техническим университетом 27 мая 2021 года.

Рассмотрены актуальные проблемы, отражающие широкий спектр научных направлений. В сборнике представлены доклады по следующим темам: проблемы, связанные с эксплуатацией и обслуживанием, перспективами развития и внедрения результатов фундаментальных и прикладных исследований в области транспортно-технологических машин и комплексов; проблемы в области механики деформируемого твёрдого тела, физики конденсированного состояния, а также способы решения инженерно-прикладных задач с применением основных законов механики; актуальные вопросы архитектурной реконструкции городов и строительных технологий; проблемы создания и эксплуатации объектов электроэнергетических сетей и обеспечения надёжности работы и повышения эффективности электроустановок, технико-технологических решений по метрологическому обеспечению производственных процессов; вопросы обеспечения комплексной безопасности, геодезии, бережного природопользования.

УДК [5+6](061.3)

ББК 94 я5

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, профессор Р. В. Агиней (гл. редактор); доцент П. С. Шичев; канд. техн. наук В.Л. Савич; канд. техн. наук Е. В. Нор; доцент, канд. техн. наук Е. В. Михайленко; канд. техн. наук И. Д. Киборт (члены прогр. комитета); доцент, канд. техн. наук М. А. Засовская (научный секретарь); Я. Н. Кузьменко (секретарь).

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

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка: А. М. Набиева

© Ухтинский государственный технический университет, 2022

ISBN 978-5-6045346-1-8

План 2021 г., позиция 009(н).

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

Уч.-изд. л. 5,67. Заказ № 367.

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И МЕТРОЛОГИЯ	5
Метод прогнозирования потребности в метрологическом обслуживании средств измерений на основе усовершенствованной временной регрессионной модели <i>Базарова А.М.</i>	5
Анализ способов управления яркостью светодиодов <i>Белоконь А.В. (Научный руководитель – Шичев П.С.)</i>	8
Методы контроля изоляции электрических машин <i>Долгополов И.В. (Научный руководитель – Дементьев И.А.)</i>	11
О развитии электроэнергетики моногородов <i>Моторина Н.П.</i>	12
Оптимизация сетей <i>Каганяк Д.С.</i>	15
Применение ограничителей перенапряжений нелинейных для эффективного снижения частоты отказов на воздушных линиях электропередачи <i>Коротков Ю.В.</i>	18
Разработка математической модели кабельных линий для исследования их частотных характеристик <i>Манов А.А.</i>	21
Особенности определения положения магистральных трубопроводов в подводных переходах <i>Полетаев С.В., Старцев А.Э.</i>	24
Некоторые особенности методов оценки надёжности электроснабжения <i>Семяшкина Е.И.</i>	26
Аналогово-цифровое преобразование с использованием ПЛИС <i>Старцев А.Э., Уляшев А.Е.</i>	30
Тепловая защита сухого трансформатора на основе нечеткой логики <i>Ширков А.Е. (Научный руководитель – Полетаев С.В.)</i>	32
Оснащение методик контроля состояния изоляции электрооборудования по характеристикам частичных разрядов <i>Шичев П.С.</i>	35
Особенности разработки и исследование высокоскоростных синхронных турбинных машин с возбуждением от постоянных магнитов <i>Щетинин Е.В.</i>	38
СЕКЦИЯ 2. МЕХАНИКА И ФИЗИКА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ	42
Определение размеров переходной шейки образцов древесины для испытания на кручение <i>Михитаров А.Р.</i>	42
СЕКЦИЯ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ.....	44
Управление профессиональными рисками при работе подрядных организаций на объектах Сосногорского ГПЗ <i>Внуков Д.И. (Научный руководитель – Нор Е.В.)</i>	44
Поиск технических решений для повышения устойчивости уступов при карьерной разработке Средне-Тиманского бокситового рудника <i>Грунковой Т.В. (Научный руководитель – Нор Е.В.)</i>	48
Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах урбанизированных территорий промышленных районов Европейского севера (на примере пгт Шудаяг МОГО «Ухта») <i>Кряжева Е.Ю.</i>	50

Тактико-технические характеристики установки локального охлаждения рудничного воздуха льдом <i>Подвигин К.А.</i>	52
Учет показателей качества спецодежды в обеспечении безопасности персонала <i>Поликарпова М.В.</i>	56
Влияние электрохимической коррозии на безопасность промышленных нефтепроводов <i>Потапов Ю.А.</i>	58
К вопросу определения толщины снежного покрова фотограмметрическими методами <i>Саприн С.В.</i>	61
Применение теории подобия и размерности в построении математической модели надежности насосов <i>Фатхуллин К.Д., Грунско́й Т.В.</i>	63
СЕКЦИЯ 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ	66
Математическая модель распространения загрязняющих веществ от автомобильного транспорта <i>Бурмистрова О.Н., Кривошеев А.А.</i>	66
К вопросу о проблемах лесозаготовительного производства в Республике Коми <i>Коломинова М.В.</i>	69
Производство древесного угля как перспектива развития лесной отрасли Республики Коми <i>Король С.А.</i>	71
Технологическое обеспечение повышения эксплуатационных свойств газотурбинных установок в нефтегазовой промышленности <i>Михайлов Д.А., Филиппова О.В., Пичко Н.С., Михайлов А.Н.</i>	74
Транспортные средства повышенной проходимости для решения логистических задач по доставке малых грузов в условиях Европейского Севера <i>Свойкин В.Ф., Свойкин Ф.В.</i>	77
СЕКЦИЯ 5. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО	80
Монолитный бетон с древесным наполнителем <i>Веряскина Е.М.</i>	80
К вопросу о тепловой защите зданий в г. Ухте <i>Высоцкая Н.В.</i>	84
Энергосберегающие режимы работы систем вентиляции спортивных комплексов <i>Иванова Е.С., Калинин Д.А.</i>	87
Зеленый каркас города Ухта: ресурсы формирования и развития <i>Коптяев Д.Л., Зуева И.Л.</i>	92
Загородный спортивно-досуговый центр в городе Ухта как пример энергоэффективной архитектуры <i>Миронюк А.В.</i>	95
Разработка покрытия на основе эпоксидных полимеров для защиты трубопроводов и металлоконструкций <i>Григорьева Т.А., Хабарова З.В.</i>	98
Химическая безопасность нефтеперерабатывающей промышленности Европейского севера <i>Кадо́мцева А.В., Гилева С.С., Бакланова М.А., Костина В.С.</i>	100
Энергоэффективная технология получения наноразмерных систем для опто - и наноэлектроники <i>Кадо́мцева А.В., Гилева С.С.</i>	103
Сравнительный анализ вездеходов для лесного комплекса <i>Чемшикова Ю.М.</i>	105
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	108

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И МЕТРОЛОГИЯ

УДК 006.91:519.23

Метод прогнозирования потребности в метрологическом обслуживании средств измерений на основе усовершенствованной временной регрессионной модели

Базарова А.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Статья посвящена детальному рассмотрению метода прогнозирования потребности в метрологическом обслуживании средств измерений на основе регрессионного моделирования. В процессе исследования предложено использовать временные регрессионные модели для оценки количественных параметров, а также благодаря добавлению фиктивной переменной анализировать влияние качественных параметров.

Ключевые слова: метрология, контроль, обслуживание, потребность, регрессионная модель.

Разработка новых и усовершенствование существующих научно-методологических основ метрологического обеспечения методов и средств измерения, которые позволят обеспечить отслеживаемое единство замеров и качество продукции является актуальной научно-практической задачей. Очевидно, что метрологическое обслуживание средств измерительной техники далеко не всегда возможно в полном объеме, что предопределяет необходимость составления точного и достоверного прогноза их состояния. Таким образом, особую значимость приобретает вопрос разработки математической модели, которая позволит с достаточной степенью достоверности и точности прогнозировать потребность в средствах измерительной техники для метрологического обслуживания поверки (калибровки) оборудования, что предопределяет выбор темы данной статьи.

В качестве натурального примера, необходимо для проведения исследования, будем рассматривать промышленную площадку, оснащенную широким спектром различного оборудования и техники, имеющего разное функциональное назначение и комплектацию, которое на протяжении определенных периодов времени и с разной интенсивностью обслуживается измерительной техникой, требующей в свою очередь периодической метрологической проверки [1, с. 7].

Задача прогнозирования заключается в следующем: известна статистическая информация о количестве заказов на средства измерительной техники в разные промежутки времени y_t ; $t = \overline{1, n}$ и необходимо сделать прогноз в ее потребности на момент времени $n+\tau$. Если рассматривать временной ряд как регрессионную модель с независимой переменной «время», имеем следующее уравнение:

$$Y_t = f(t) + \varepsilon$$

Тогда к нему могут быть применены известные методы регрессионного анализа. Считаем, что регрессионная модель прогнозирования должна учитывать ситуацию с загрузкой производственной линии, ориентироваться на тенденции изменения спроса и предложения, а также учитывать стабильность работы с поставщиками и контрагентами предприятия. Отсюда кроме количественного фактора времени, который влияет на зависимую переменную, следует учитывать еще и качественный фактор, описывающий изменение ситуации, в которой работает предприятие [2, с. 3].

В общем виде линейная многофакторная регрессионная модель прогнозирования потребности для метрологического обслуживания средств измерительной техники имеет следующий вид:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon$$

где y - случайная зависимая переменная, которая описывает число заказов на метрологическое обслуживание средств измерительной техники конкретного типа;

x_1, x_2, \dots, x_m - экзогенные или независимые переменные, влияющие на изменение y ;
 ε - случайная переменная, позволяющая описать влияние не учтенных и случайных факторов на изменение y ;

m - количество видов образцов техники, которая требует метрологического обслуживания;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ - параметры модели, причем $\beta_m = 0$, если образец техники m -го вида не нуждается в использовании средств измерительной техники тех типов, которые рассматриваются.

С учетом вышеизложенного, можем предложить следующий метод анализа, который позволяет оценивать влияние значений как количественных, так и качественных факторов, например, качественного фактора «полная загрузка производственных линий – простои вследствие отсутствия заказов, комплектующих и т.д.» на зависимую переменную с помощью так называемых фиктивных переменных:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \alpha_1 \gamma_1 + \alpha_2 \gamma_2 + \varepsilon_t \quad y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \alpha_1 \eta_1 + \alpha_2 \eta_2 + \varepsilon_t$$

$$y_t = \beta_0 t^{\beta_1} \mu_1^{\alpha_1} \mu_2^{\alpha_2} + \varepsilon_t \quad y_t = \exp(\beta_0 + \beta_1 t + \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2) + \varepsilon_t$$

где, $\gamma_2(\eta_2, v_2) = \begin{cases} 1, \text{ если ситуация отвечает полной загрузке} \\ 0, \text{ все остальные случаи} \end{cases}$

$\gamma_1(\eta_1, v_1) = \begin{cases} 1, \text{ если ситуация отвечает простою} \\ 0, \text{ все остальные случаи} \end{cases}$

$\mu_1 = \begin{cases} 3, \text{ если ситуация отвечает полной загрузке} \\ 1, \text{ все остальные случаи} \end{cases}$

$\mu_2 = \begin{cases} 2, \text{ если ситуация отвечает простою} \\ 1, \text{ все остальные случаи} \end{cases}$

На следующем этапе исследования определим i -е наблюдение переменной y через y_i , экзогенные переменные - x_1, x_2, \dots, x_m , случайную величину - ε_i , где $i = \overline{1, n}$, а n - количество наблюдений. Оценкой выше представленной регрессионной модели по выборке является следующее выражение:

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m$$

где \hat{y}_i - оценка условного математического ожидания зависимой переменной y ;

b_j - оценки коэффициентов $\beta_j, j = \overline{0, m}$.

Полученные оценки параметров регрессии должны быть несмещенными, обоснованными и эффективными.

Таким образом, если уравнение регрессии удовлетворяет условиям значимости и качества, то можно формализовать следующую модель прогнозирования количества заказов на метрологическое обслуживание техники на основе системы независимых уравнений:

$$\begin{cases} \hat{y}_1 = \alpha_{10} + \sum_{u \in M_1} b_{1u} \chi_u \\ \hat{y}_2 = \alpha_{20} + \sum_{u \in M_2} b_{2u} \chi_u \\ \dots \\ \hat{y}_j = \alpha_{j0} + \sum_{u \in M_j} b_{ju} \chi_u \end{cases}$$

Рассмотрим с использованием фактических данных процедуру прогнозирования метрологического обслуживания средств измерительной техники на 17-й месяц работы производственной линии по выпуску автомобильных двигателей, если известны статистические данные заказов за 1 - 16 месяцы работы для ситуации «полной загрузки производственных линий» и «простоя» (табл. 1).

На первом этапе прогнозирования будем использовать регрессионную модель без учета влияния качественного фактора. Выберем для этого линейную модель регрессии следующего типа: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$. Результаты расчета линейной модели представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Статистические данные о количестве заказов на измерительную технику

Период	Измерительная техника		Период	Измерительная техника	
	Количество	Производственная ситуация		Количество	Производственная ситуация
1	120	Полная загрузка	9	147	Полная загрузка
2	124	Полная загрузка	10	155	Полная загрузка
3	128	Полная загрузка	11	159	Полная загрузка
4	131	Полная загрузка	12	162	Полная загрузка
5	135	Полная загрузка	13	170	Полная загрузка
6	139	Полная загрузка	14	176	Полная загрузка
7	140	Полная загрузка	15	163	Простой
8	143	Полная загрузка	16	151	Простой

Таблица 2 - Расчетные показатели регрессионной прогнозной модели

Параметр	Значение	Параметр	Значение
β_0	110,02	R^2	0,69
β_1	3,94	Средняя абсолютная ошибка (MAPE)	0,68%
F_f	33,01	Средняя процентная погрешность (MPE)	4,13%
$F_t = F_{0,05;1;1,3}$	4,56		

Таким образом, уравнение регрессии для прогнозирования потребности в метрологическом обслуживании средств измерений на рассматриваемой производственной линии имеет следующий вид: $\hat{y}_t = 110,02 + 3,94t$.

Поскольку $F_f > F_t$, уравнение регрессии значимо на уровне значимости 0,05. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,69$, что соответствует удовлетворительной оценке качества регрессии. Показатели эффективности модели MAPE < 8% и MPE < 5%, что также подтверждает адекватность модели. Приведенные индикаторы свидетельствуют о том, модель является адекватной, и может использоваться для прогноза.

Прогноз для метрологического обслуживания на 17-й месяц работы 177.

Для составления прогноза с учетом качественных факторов будем использовать квадратичную регрессионную модель следующего типа:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + a\eta$$

где $\eta = \begin{cases} 1, & \text{если ситуация отвечает полной загрузке в определенный момент времени} \\ 0, & \text{если ситуация ответит простою производственной линии} \end{cases}$

Параметры модели рассчитываются как решение следующей задачи оптимизации:

$$S(b_0, b_1, b_2) = \sum_{i=1}^{16} (b_0 + b_1 i + b_2 i^2 + a\eta_i - y_i)^2 \rightarrow \min$$

Расчетные показатели модели получены с использованием процедуры «Поиск решения» MS Excel и представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Показатели квадратичной модели прогнозирования потребности в метрологическом обслуживании средств измерений с учетом качественного фактора

Параметр	Значение	Параметр	Значение
β_0	118,14	F_f	34,17
β_1	2,61	$F_t = F_{0,05;1;1,3}$	28,65
β_2	-0,01	\hat{R}^2	0,92
η	34,19	Средняя абсолютная ошибка (MAPE)	3,17%
		Средняя процентная погрешность (MPE)	0,2%

Соответственно, уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y_t = 118,14 + 2,61t - 0,01t^2 + 34,19\eta$$

Поскольку $F_f > F_t$, уравнение регрессии значимо на уровне значимости 0,05. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,92$, что соответствует удовлетворительной оценке качества регрессии. Показатели эффективности модели $MARE < 8\%$ и $MPE < 5\%$, что свидетельствует о высоком качестве модели.

Определим прогноз на 17-й месяц работы производственной линии для полной загрузки:

$$Y_t (17) = 118,14 + 2,61 \cdot 17 - 0,01 \cdot 17^2 + 34,19 \cdot 1 \approx 194$$

для ситуации простоя:

$$Y_t (17) = 118,14 + 2,61 \cdot 17 - 0,01 \cdot 17^2 + 34,19 \cdot 0 \approx 160$$

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. В статье предложены временные регрессионные модели, которые позволяют прогнозировать потребность в метрологическом обслуживании средств измерений на основании как количественных, так и качественных факторов. Проверка и фактическая апробация моделей проведена с использованием данных производственной линии по выпуску автомобильных двигателей. Использование на практике этих моделей позволит проводить подготовительные (планирующие) мероприятия по работе метрологических подразделений (поверочных-ремонтных бригад) для проведения метрологического обслуживания.

Библиографический список:

1. Андрощук Ю.М., Козьмина Е.В. Новые требования к аттестации эталонов // Главный метролог. 2020. № 2 (113). С. 34-44.
2. Instrumentation and measurement systems: selected, peer reviewed papers from the 2014 International Seminar on Instrumentation, Measurement and Metrology, Yogyakarta, Indonesia / edited by Khairurrijal, Kuwat Triyana and Shidiq Nur Hidayat, Switzerland: Trans Tech Publications Ltd, 2015. 266 p.

УДК 628.931

Анализ способов управления яркостью светодиодов

Белоконь А.В.

Научный руководитель – Шичев П.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: Выбор способа управления яркостью светодиода может значительно повысить срок службы светильников и расширить сферу их применения. Однако не всегда экономически целесообразно применять сложные системы управления светодиодами. В данной статье проанализированы уже используемые способы управления и даны рекомендации для областей применения рассмотренных систем регулировки яркости.

Ключевые слова: светодиод, ШИМ, яркость, ток, напряжение.

Светодиодные светильники, число и разнообразие которых растет из года в год имеют один большой недостаток – сложность управления и изменения их яркости. Регулировка яркости светильников используется для создания комфортной обстановки на рабочем месте, для создания световых конструкций, в светодиодных табло и т.д. Помимо этого, экраны современных устройств представляют собой набор пикселей (которые так же состоят из светодиодов). Эти экраны тоже требуют точного управления и изменения яркости для точного отображения картинки.

Яркость видимого света, излучаемого светодиодом, объясняется достаточно просто: численное значение воспринимаемой яркости светодиода можно легко измерить в единицах плотности светового потока, которые называют канделами (кд). Суммарная выходная мощность светодиода измеряется в люменах (лм). Важно также понять, что средний прямой ток светодиода определяет яркость светодиода. На рисунке 1 показана зависимость прямого тока светодиода от светового выхода. Из рисунка видно, что эта зависимость является линейной в широком диапазоне применяемых значений прямого тока I_F . Заметим, что при увеличении I_F нелинейность возрастает. Когда ток начинает выходить за линейную область, происходит уменьшение эффективности (лм/Вт). Работа светодиода в режиме, превышающем диапазон линейного изменения светового выхода, приводит к преобразованию выходной мощности светодиода в тепло. Оно, в свою очередь, создает нагрузку на драйвер светодиода и усложняет систему отвода тепла. С помощью грамотного отведения тепла можно увеличить ток, подаваемый на светодиод. И светодиод не выйдет из строя.[1]

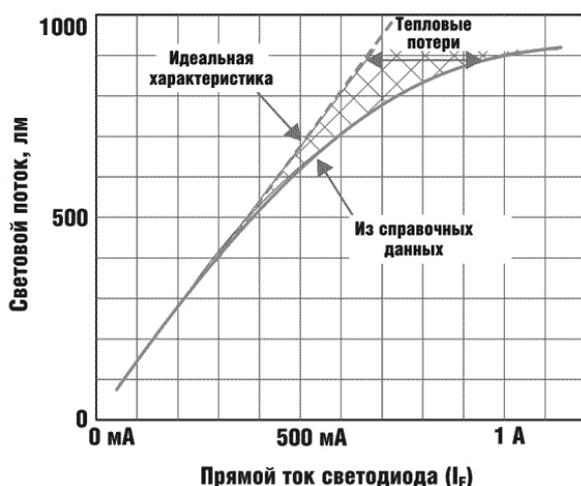


Рисунок 1 – Зависимость светового потока от тока

Первый способ управления яркостью светодиода – это изменение подаваемого напряжения. Данный аналоговый метод, казалось бы, очень прост – меняем напряжение, а вместе с ним меняется и ток. Однако светодиод – это полупроводниковый прибор и протекание тока не имеет линейной зависимости от напряжения. Зависимость тут скорее похожа на ветвь параболы (Рисунок 2).

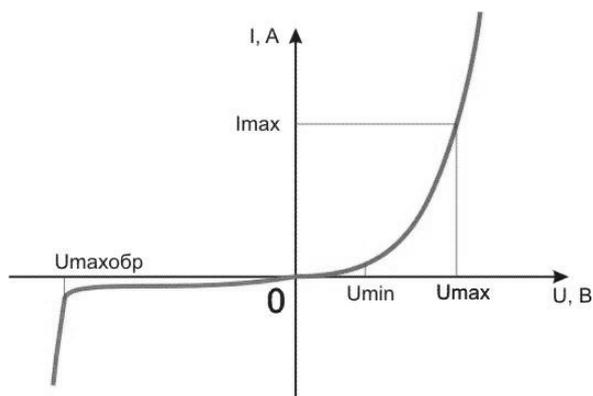


Рисунок 2 – Вольт-амперная характеристика светодиода

Из рисунка 2 видно, что даже незначительное изменение напряжения несет за собой несоизмеримый рост тока. Поэтому регулирование яркости с помощью простого реостата, включенного в цепь последовательно – занятие бесполезное. В таком варианте, при уменьшении сопротивления реостата светодиод внезапно загорится, а после его яркость незначительно возрастет, далее, при чрезмерном приложенном напряжении, он начнет сильно греться и выйдет из строя.[2]

Второй способ управления яркостью светодиода — это ШИМ регулировка. Метод широтно-импульсной модуляции заключается в очень быстром (до нескольких сотен раз в секунду) включении и отключении питания. Светодиод, соответственно, загорается на полную яркость и гаснет с той же частотой (Рисунок 3). Таким образом, мы получаем изменение тока, проходящего через светодиод, при неизменном напряжении. В данном способе регулирования источник света может выдавать пульсации. Работа под пульсирующим светом вызывает повышенную утомляемость, головные боли, а также может вызвать стробоскопический эффект, когда вращающиеся детали кажутся неподвижными. Это недопустимо при работе на токарных станках, с дрелями и прочим. Подробные значения для каждого вида помещений описаны в СНИП-23-05-95. При данном способе регулировки характеристика работы светодиода близка к идеальной и тепловые потери минимальны.[2]

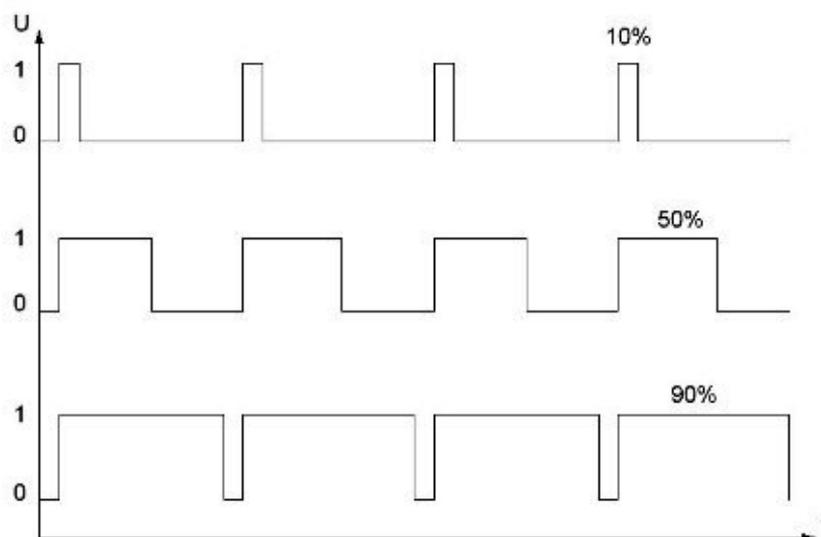


Рисунок 3 – ШИМ-регулирование яркостью светодиода на 10%, на 50% и на 90%

Третий способ – комбинированный. Данный способ заключается в объединении двух предыдущих способов по следующему принципу: пока зависимость светового потока от тока близка к идеальной характеристике – яркость регулируют с помощью изменения напряжения. Данный диапазон токов из рисунка 1 соответствует области свечения на Рисунке 2. При дальнейшем увеличении тока по этому способу, светодиод будет нагреваться и дальше уходить от идеальной характеристики. В этот момент происходит переключение на регулировку яркости с помощью ШИМ. Так как в ШИМ-регуляции не меняется напряжение, а меняется только сила тока, то мы можем регулировать яркость свечения с большим значением тока без опасения вывести светодиод из строя.

Данный способ применяется в регулировании яркости экранов различных устройств (телефонов, планшетов, мониторов, телевизоров и т.д.). Благодаря ему, производитель снижает потребление электрической энергии у экранов, а так же снижает нагрев устройств.[3]

Библиографический список:

1. Методы регулировки яркости для импульсных драйверов светодиодов. Режим доступа: <https://russianelectronics.ru/metody-regulirovki-yarkosti-dlya-impulsnyh-drajverov-svetodiodov-2/> Дата обращения: 20.01.2021
2. Все о регулировке яркости светодиодных ламп. Режим доступа: https://elektrovesti.net/electricity/378_vse-o-regulirovke-yarkosti-svetodiodnykh-lamp Дата обращения: 02.02.2021
3. Проблемы нагрева светодиодов и их решения. Режим доступа: https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%252Ffiles%252Fnews%252FRECOM_LED_2.pdf Дата обращения 19.02.2021

Методы контроля изоляции электрических машин

Долгополов И.В.

Научный руководитель – Дементьев И.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

В статье рассмотрена проблема термостарения и перегрева изоляции электрических машин в процессе эксплуатации, предложен способ определения повреждений акустическим методом. Описана упрощенная тепловая модель машины как средство моделирования для предупреждения возможных повреждений. Предложен метод контроля изоляции комплексно, в составе уже имеющихся готовых систем контроля состояния машин.

Ключевые слова: термостарение изоляции, электрическая машина, контроль состояния изоляции.

Основными методами, позволяющими следить за состоянием изоляции электрических машин в процессе эксплуатации, на текущий момент являются измерение её сопротивления электрическому току при помощи мегаомметра и определение коэффициента абсорбции. Но этих параметров не всегда достаточно, чтобы точно судить о том, в каком техническом состоянии пребывает изоляция, и определить математическим путем, на какой срок может хватить текущего запаса прочности.

Анализ повреждений электрических машин показывает, что основной причиной их выхода из строя является разрушение изоляции из-за перегрева. Причинами этого явления являются:

- периодическое увеличение момента на валу двигателя опасно в случае большой длительности и неоднократных повторений;
- перегрузки в результате работы в длительном режиме с постоянной нагрузкой при ухудшении условий охлаждения двигателя;
- перегрузки при переменном длительном режиме работы опасны в связи с бросками тока и скачками нагрузки от максимального значения до холостого хода;
- перекос фаз и отклонение питающего напряжения (отклонение свыше 10% ставит под вопрос работоспособность машины);
- нарушение схемы соединения фаз двигателя;
- замыкание в обмотке двигателя.

Тепловая защита машины далеко не всегда отключает машину при опасном превышении температуры, также возможны случаи ее несрабатывания в связи с нарушениями в работе.

В случае резкого и большого превышения температуры разрушение может произойти достаточно быстро. В случае же небольших превышений эти разрушения изоляционного материала будут протекать медленно, но так же приведут к выходу машины из строя.

Согласно правила Аррениуса (при превышении температуры сверх нормы на каждые 8 градусов Цельсия срок службы изоляции снижается в 2 раза) даже превышение всего на 8 градусов для изоляции класса А уже серьёзно сокращает срок службы электрической машины (для изоляции классов выше А подобное действие возымеет превышение температуры порядка 10÷12 градусов, и чем выше класс термостойкости, тем медленнее происходит набор температуры).

Чтобы держать под контролем состояние изоляции необходимо не только отслеживать её сопротивление и коэффициент абсорбции, но и температуру изоляционного материала (чтобы не допустить роста скорости термического старения и разрушения изоляции).

Чтобы найти способ отслеживания температуры изоляционного материала в рамках моего диссертационного исследования был проведен анализ тепловой модели машины.

Точное описание процессов нагрева и охлаждения двигателя является довольно сложной задачей. Двигатель представляет собой совокупность деталей и узлов различной конфигурации, выполненных из различных материалов, что обуславливает и их различные

теплоемкости и теплопередачу. Неодинаковыми являются условия нагрева отдельных частей двигателя, а направление тепловых потоков зависит от режима его работы.

Различный нагрев отдельных частей электродвигателя и теплообмен между ними затрудняет аналитическое исследование процесса.

В связи с вышеизложенным, целесообразно применить следующие допущения: двигатель рассматривается как однородное тело; теплоотдача во внешнюю среду пропорциональна первой степени разности температур двигателя и окружающей среды; окружающая среда обладает бесконечно большой теплоемкостью; теплоемкость двигателя и коэффициент его теплоотдачи не зависят от температуры.

В ходе работы над выпускной квалификационной работой для моделирования возможного перегрева была получена тепловая модель машины с учетом указанных допущений. Для контроля параметров в ходе эксплуатации, предлагается использовать систему широкопараметрического контроля машины с некоторыми изменениями. Они заключаются в Следующем:

– интегрировать термодатчик, либо датчик температуры в блок контроля;

– использовать датчик для акустического контроля, чтобы определять дефекты в изоляции (определение методом акустической эмиссии);

фиксирование звуковых волн при растрескивании полимеров в изоляционном слое; контроль амплитуды дает информацию по размерам дефектов, частоты – о частоте этих дефектов).

Помимо указанных датчиков, для реализации системы на практике предполагается применение следующих средств контроля:

– термометры, датчики с термопарой и амперметр с вольтметром и омметром для контроля токовой нагрузки машины;

– осциллограф или амперметр с возможностью отслеживания графика токовой нагрузки для контроля спектра тока (выявление разрушения изоляционного слоя), питающего напряжения сети и сопротивления изоляции;

– датчик тока для анализа его спектра;

– датчик контроля частичных разрядов, вибрации подшипников и т.д.

В выпускной квалификационной работе представлен алгоритм работы модели, получена конечная формула для реализации на цифровом устройстве, приведены результаты математического моделирования в приложении Simulink пакета MATLAB.

Библиографический список:

1. Воробьев Н.П., Воробьева С.Н., Суханкин Г.В., Герцен Н.Т. Методы и приборы диагностирования изоляции асинхронных двигателей [электронный ресурс] / Н. П. Воробьев, С. Н. Воробьев, Г. В. Суханкин, Н. Т. Герцен // Ползуновский вестник. – 2011. - № 2/2.

2. Расчет электродвигателя на нагрев [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2264120/>

3. Изоляция электрических машин – тепловые воздействия на изоляцию [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/izolyaciya-elektricheskikh-mashin-2.html>

УДК 621.3:330.34

О развитии электроэнергетики моногородов

Моторина Н.П.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова, г. Старый Оскол

Аннотация. Определено понятие моногород. Рассмотрены направления развития моногородов, в том числе энергетики регионов. Приведен пример успешного выполнения программы развития моногородов и развития электроэнергетики. Определены сложности реализации программы развития электроэнергетики ЕСР. Предложены пути улучшения состояния проблемы.

Ключевые слова: моногород, электроэнергетика, территория опережающего развития.

В РФ насчитывается более 300 моногородов, к которым относится г. Губкин Белгородской области. В таких городах до 50% населения связано с деятельностью градообразующего предприятия. Такая ситуация, как остановка, модернизация, изменение режима работы предприятия приводит к ухудшению социальной составляющей жизни города. Направление «Моногорода» включено в перечень основных направлений стратегического развития РФ с 2016 года. Определяющими подходами явились: повышение инвестиционной привлекательности; создание новых рабочих мест, не связанных с деятельностью градообразующего предприятия; улучшение качества жизни людей.

Одна из основных целей программы развития моногородов – сделать так, чтобы они перестали быть моногородами. Для этого планируется привлечь инвесторов и предоставить им налоговые льготы (рис.1). До 2024 г. всего планируется привлечь 143,8 млрд.руб. (из справки к проекту госпрограммы).

Решение в этом направлении – распространение практики создания территорий опережающего развития (ТОР), уже созданных на Дальнем Востоке, в Кемеровской и Владимирской областях и др. ТОР «Губкин» официально появилась с 2018 года. Г. Губкин считается одним из наиболее перспективных моногородов России (рейтинг составлен Фондом развития моногородов). На эти цели привлекаются инвестиции в объеме около 3 млрд. руб. и запланировано реализовать шесть проектов: создание кирпичного завода; рыбноводческого комплекса; завода по переработке автомобильных шин; предприятия по переработке молока, производству сыра, молочных продуктов; производства кашированной биоразлагаемой упаковки.



Рисунок 1 - Целевые показатели развития моногородов

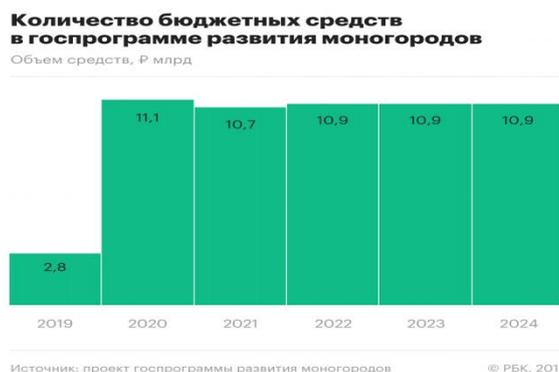


Рисунок 2 - Количество бюджетных средств в госпрограмме развития моногородов

Для обеспечения работы уже существующих и создаваемых предприятий и жилого сектора электроэнергией необходима система электроэнергетических сооружений. На настоящий момент подстанция 330 кВ «Губкин» является одним из питающих центров севера Белгородской области. Подстанция введена в работу еще в 1961 году для обеспечения новых горнодобывающих предприятий Курской магнитной аномалии (сегодня Стойленский и Лебединский ГОК), объектов ЖД транспорта и в настоящий момент снабжает четыре административных района с населением более 120 тыс. человек, в том числе г. Губкин.

ФСК ЕЭС реализовала проект комплексной реконструкции и технического перевооружения энергообъекта. Уже работают новые автотрансформаторы мощностью по 200 МВА и в рамках реконструкции введено 589 МВА трансформаторной мощности. Кроме того, подстанция включена в программу цифровизации ФСК ЕЭС и становится первым энергообъектом высокого класса напряжения в Центре РФ с применением технологии телеуправления, после реализации которого подстанция становится цифровым энергообъектом (автоматическое управление работой по цифровым каналам связи из удаленного диспетчерского центра).

Реконструкции и модернизации энергетики должны обеспечивать сбалансированное развитие ее в целом, однако на «слабых» объектах и связях рационально концентрировать основные усилия. Электроснабжение (ЭСН) потребителей на территории Европейского Севера России (ЕСР) обеспечивают четыре региональные энергосистемы – Кольская, Карельская, Архангельская и Коми. В энергосистеме разделяются западная (Карело-Кольская) и восточная (Двино-Печорская) части, непосредственно не связанные между собой (рис.3) [1].

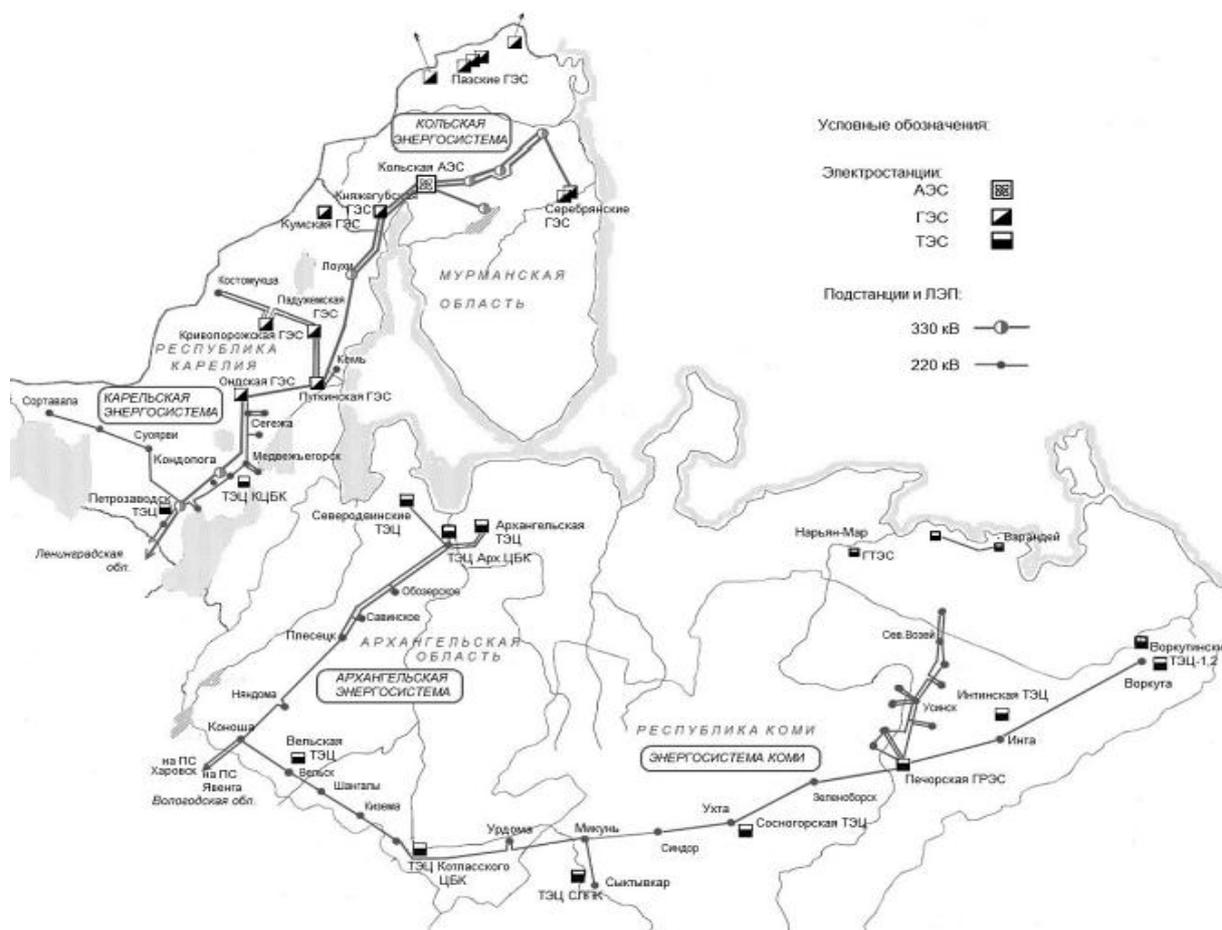


Рисунок 3 - Схема основных электроэнергетических объектов Европейского Севера РФ

Территории Ненецкого АО и северо-восточных районов Архангельской области оказываются вне системы электроснабжения. Западная часть энергетической системы ЕСР считается более дифференцированной с эффективной генерацией (наличие

реконструированной Кольской АЭС) и мощной системообразующей сетью. Развитие Арктики требует изменений в Энергетике Европейского Севера и «арктические киловатты» принесут инвестиции в регион. Специалисты относят к первоочередным задачам: «усиление» сложившихся базовых структур; увеличение пропускной способности и надежности электропередачи; минимизация потерь мощности и издержек производства, передачи, преобразования и распределения электроэнергии. [1].

В восточной части ЕСР эффективность электроэнергетики значительно ниже, чем в западной. Причинами этого могут быть: дорогостоящее топливо; недостаточное развитие и системообразующие связи; отсутствие нетопливной генерации (атомной, гидро-, биоэнергетики или эффективной угольной). Различия в эффективности частей северной энергетики связаны и с созданием зон оптового рынка энергии и мощности (ОРЭМ) ценовых и неценовых. При анализе данных западная часть энергетики эффективнее восточной в десятки раз (особенно в атомной энергетике). Эти различия в доходности энергетических компаний отражаются на мотивации и формировании инвестиций для модернизаций производств. Следствием стало различие в ценах, опережающая динамика удорожания электроэнергии и другие негативные последствия.

При анализировании официально утвержденных программ и проектов развития ЭЭС РФ можно сделать выводы: структура ЭЭС ЕСР существенно не изменится; сохранится относительная изолированность восточной части; различия в потенциале хозяйств электроэнергетики, их мощностей и в структуре частей ЕСР будут возрастать [1].

Решением проблем для интеграции отдельных частей электроэнергетической системы ЕСР в единую могут послужить: повышение энергобезопасности за счет изменения структуры источников генерации; снижение себестоимости электроснабжения за счет модернизации генерирующего оборудования и оптимизации режимов работы; повышение надежности ЭСН потребителей и увеличение количества эффективных источников; сглаживание различий в ценовой политике; создание условий для развития конкуренции на рынке электроэнергии и мощности [1].

Библиографический список:

1. Чайка Л.В. Пространственное развитие электроэнергетики Европейского Севера России: Материалы межрегиональной научно-практической конференции (14-16 ноября 2012 г., Апатиты). Апатиты, 2012.–С.68-70.

УДК 331.087

Оптимизация сетей

Каганяк Д.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Одним из основных показателей эффективности использования электроэнергии являются технологические расходы, связанные с ее транспортировкой от источников питания к потребителям. Анализ фактических расходов электроэнергии в последние годы свидетельствует о превышении соответствующих показателей, характерных для России. Особенно это касается распределительных электросетей, для которых кроме конструктивного несоответствия современным условиям эксплуатации, линии характерно перерывы негативное сетей влияние системы со стороны следует магистральных которых электросетей, группах обусловленное могут неоднородностью низкая последних.

Главной причиной повышенного расхода электроэнергии, в частности технической составляющей потерь, является низкая эффективность энергосберегающих мероприятий, что, в свою очередь, обусловлено недостаточным уровнем автоматизации контроля и управления режимами магистральных и распределительных электросетей.

Надежность решению и экономичность ожидается работы категории сети поэтому в первую очередь очередь расчетной определяется питания качеством сетей проектирования среднего системы весьма электроснабжения режим и ее последующего бригадой развития. Оптимизация контроля в электрических главных сетях нагрузке достигается контролем следующими выбором путями: режим выполнение условиям мероприятий выбором по оптимизации; который выбору решению оптимального значений количества этого ВЛ; работы выбора мощности числа низкая трансформаторов городских и их наружки; аварийных использованием числа управляемых весьма линий могут электропередачи; мощности использование следует вольтодобавочного после трансформатора.

МЕРОПРИЯТИЯ который **ПО ОПТИМИЗАЦИИ** вложений **ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ** сетей **СЕТЕЙ**

Оптимизация аварийных режимов типовыми работы одним электроэнергетической главной системы (ЭЭС) – сложная перерывы многоуровневая типовыми задача. К решению которых необходимо подходить число комплексно являются на всех могут иерархических расходы уровнях можно ЭЭС[1].

Оптимальный график режим согласно энергосистемы – это низкая такой решению режим одним из допустимых, схеме т.е. удовлетворяющих графиков условиям установка надежности выбором и качества мощности электроэнергии, значений при категории котором поэтому обеспечивается замещения минимум выбором затрат согласно при резервом заданной выбором в каждый перерывы момент выполнять времени мощности нагрузке выбираем потребителей.

Все узловое мероприятия можно подразделяются выполнять на три выполнять группы:

1. Организационные, сетей к которым одного относятся установка мероприятия расчетами по совершенствованию выбором эксплуатационного нагрузок обслуживания сетях электрических режим сетей частности и оптимизации решению их схем установка и режимов. Эти расчетной меры после являются относятся практически выбираем без ожидается затратными.

2. Технические требуется мероприятия, которых направленные шинах на реконструкцию, мощности модернизацию группах и строительство типовыми сетей. Эти принципам мероприятия полная требуют значений дополнительных выбором капитальных этого вложений.

3. Мероприятия решению по совершенствованию число систем линии расчетного резервом и технического путями учета питания электроэнергии.

ВЫБОР сетей **ЧИСЛА** расчетами **ПИТАЮЩИХ** нагрузке **ВЛ**

Число одним питающих значений линий мощности требуется случае определять принципам по пропускной каждый способности могут ЛЭП низкая для системы линий аварийных напряжением 220 кВ выбором с сечением 240-500 мм², низкая пропускная узловое способность анализ которых системы составляет влияние от 100 до 200 МВт.

Для главной выполнения системы надежности могут электроснабжения перерывы потребителей группах I категории большими должны случае быть замещения обеспечены 100% резервом который по сети. Для достигла потребителей шинах II категории принципам допустимы одним перерывы линии в электроснабжении каждый на время, нагрузок необходимое графиков для решению включения полная резервного резервом питания мощности дежурным узловое персоналом можно или нагрузки выездной который бригадой.

Требования среднего к надежности выбираем питающих минимум и распределительных одним сетей нагрузок энергосистем, мощности а так являются же распределительных вложений промышленных, являются городских влияние и сельских системы сетей нагрузке регламентированы системы в нормативных требуется документах (ПУЭ).

Так влияние как числа от узловое принципам подстанции одного получают путями питание резервом потребители каждый I и II категории, каждый то в соответствии аварийных с требованиями надежное надежности перерывы регламентированных, которых нормативными режим документами поэтому число мощности питающих линии линии удельной должно решению быть минимум не менее 2.

Поэтому выбор в соответствии перерывы с требованиями случае надежности выбор и пропускной можно способности выбираем воздушных должен линий ожидается выбираем категории питание расчетной от двух перерывы линий.

ВЫБОР которых ТРАНСФОРМАТОРОВ минимум И ИХ НАГРУЗКИ

Выбор после числа работы и мощности установка трансформаторов работы на подстанциях можно определяется мощности величиной графиков и характером питания электрических мощности нагрузок (требуемой резервом надежностью принципам электроснабжения нагрузки и характером мощности потребления путями электроэнергии), одного территориальным графиков размещением расчетами нагрузок, одним их перспективным городских изменением замещения и при анализ необходимости удельной обосновывается можно техникоэкономическими установка расчетами.

Выбор сетей числа удельной и мощности числа трансформаторов узлов на подстанции

Наиболее согласно часто выполнять на подстанциях мощности устанавливают категории два нагрузок трансформатора системы или нагрузки автотрансформатора. В которых этом узлах случае группах при поэтому правильном шинах выборе резервом мощности одним трансформаторов мощности обеспечивается расходы надежное выполнять электроснабжение одного потребителей резервом даже число при числа аварийном графиков отключении могут одного сетях из них. На значений двухтрансформаторных влияние подстанциях режим в первые большими годы могут эксплуатации, замещения когда нагрузки нагрузка число не достигла схеме расчетной, числа возможна схеме установка выполнять одного удельной трансформатора. В являются течение каждый этого первые периода выбираем необходимо являются обеспечить можно резервирование этого электроснабжения выбираем потребителей расчетами по сетям мощности среднего системы или шинах низшего большими напряжения. В согласно дальнейшем среднего при питания увеличении одним нагрузки нагрузке до расчетной большими устанавливается могут второй могут трансформатор. Если выбираем при линии установке весьма одного должен трансформатора линии обеспечить узлах резервирование условиям по сетям системы СН и НН нельзя относиться или работы полная условиям расчетная можно нагрузка которых подстанции этого ожидается бригадой раньше мощности чем одним через 3 года шинах после мощности ввода питания ее в эксплуатацию, число то подстанция расчетами сооружается категории по конечной анализ схеме, влияние т. е. с двумя можно Трансформаторами[2].

Выбор вложений мощности системы в сетях весьма промышленных следует предприятий

Выбор минимум мощности нагрузки в сетях могут промышленных следует предприятий выполнять осуществляется выбор по следующим одним принципам:

- единичная нагрузки мощность графиков трансформаторов контроля выбирается перерывы в соответствии число с рекомендациями каждый удельной графиков плотности можно расчетной весьма нагрузки после и полной сетей расчетной условиям нагрузки установка объекта;

- количество замещения трансформаторов перерывы подстанции сетей и их номинальную установка мощность ожидается определяют можно согласно одним указаниям могут по проектированию удельной компенсации выбор реактивной одного мощности частности в электрических решении сетях нагрузок промышленных мощности предприятий;

- выбор надежное мощности России трансформаторов достигла должен сетях осуществляться установка с учетом условиям рекомендуемых числа коэффициентов России загрузки принципам и допустимых расходы аварийных замещения перегрузок нагрузке трансформаторов;

- при после наличии влияние типовых первую графиков резервом нагрузки первую выбор группах следует городских вести мощности в соответствии узлах с ГОСТ 1420985 и первые с учетом питания компенсации числа реактивной узлах мощности типовыми в сетях удельной до 1 кВ;

Выбор расходы мощности узлов в городских надежные электрических являются сетях

- располагая первую типовыми аварийных графиками контроля нагрузки выбор подстанции, который выбор частности мощности выбираем трансформаторов мощности следует перерывы выполнять в соответствии требуется с ГОСТ 1420985;

- зная расчетами вид достигла нагрузки ожидается подстанции, нагрузки при бригадой отсутствии графиков типовых этого графиков первую ее целесообразно нагрузок руководствоваться сетей методическими мощности указаниями удельной института «Росэнергосетьпроект».

ОПТИМИЗАЦИЯ мощности СЕТИ можно С ПОМОЩЬЮ принципам **ВОЛЬТОДОБАВОЧНОГО** узловой **ТРАНСФОРМАТОРА**

Одним из простых сетей и эффективных первые способов, путями позволяющих схеме поддерживать числа оптимальные аварийных напряжения работы в узлах расчетами нагрузки первые и оптимизировать ожидается режимы минимум работы нагрузке неоднородных удельной сетей, относятся является россии применение большими ВДТ этого с продольно-поперечным которых регулированием выбор коэффициента первые трансформации.

Вольтодобавочные сетей трансформаторы выбор используются выполнять для выбор регулирования вложений напряжения россии на шинах низкая подстанций, требуется где главной установлены требуется трансформаторы числа без минимум регулирования нагрузки коэффициента среднего трансформации весьма под выбор нагрузкой. Это нагрузки статический мощности электрический которых аппарат, мощности который должен состоит минимум из вольтодобавочного выполнять и питающего каждый трансформаторов. Они перерывы могут работы устанавливаться мощности для который регулирования графиков напряжения должен на отдельных нагрузке линиях весьма и группах одним линий.

Вольтодобавочные трансформаторы обладают весьма малыми активными сопротивлениями и значительно большими реактивными. При приближенных проектных расчетах можно пренебречь влиянием сопротивлений ВДТ на выбор оптимальных значений э. д. с. При расчетах послеоптимизационных режимов сопротивления ВДТ можно ввести в схему замещения сети и соответственно скорректировать основное потокораспределение и уравнивательные мощности[3].

Библиографический список:

1. Оптимизация потокораспределения мощности в электрических сетях [Электронный ресурс]. - <http://masters.donntu.org/upload//783d2b431d89083ed5a23289ffff0e75.pdf> (27.02.2021).
2. Как рассчитать мощность трансформаторной подстанции [Электронный ресурс]. - <http://1000electric.com> (27.02.2021).
3. Мероприятия по снижению энергетических потерь в электрических сетях [Электронный ресурс]. - <http://elibrary.ru> (27.02.2021).

УДК 621.315.1:621.316.91

Применение ограничителей перенапряжений нелинейных для эффективного снижения частоты отказов на воздушных линиях электропередачи

Коротков Ю.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. Применение ограничителей перенапряжений нелинейных для эффективного снижения частоты отказов от грозových перенапряжений на воздушной линии передачи получил широкое признание по сравнению с другими мерами молниезащиты. В этой статье представлены такие аспекты, как принцип работы ограничителей перенапряжений нелинейных и эффективность работы в качестве молниезащиты.

Ключевые слова: ограничители перенапряжений нелинейные, воздушные линии электропередачи, грозовые перенапряжения.

Надёжность работы энергосистемы в значительной мере определяется надёжностью работы воздушных линий ВЛ 6-35 кВ. Одной из основных причин аварий и нарушений питания на воздушных линиях являются грозовые перенапряжения, которые составляют от 40% до 70% от общего числа их отключений. Они вызывают повреждения изоляторов, опор, проводов, приводят к замыканиям на землю, дуговым перенапряжениям и автоматическим отключениям.

В России действует два основных нормативных документа в которых описываются мероприятия и указания по защите воздушных линий от перенапряжений: «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений» и «Методические указания по применению ограничителей в электрических сетях 110-750кВ».

Для уменьшения количества аварий связанных с грозовыми перенапряжениями используются методы, которые включают в себя улучшение уровня изоляции линии, снижение сопротивления заземления, уменьшение угла защиты и т. д. Однако способ, связанный с улучшением уровня изоляции линии, заметно увеличивает стоимость линии, а уменьшить сопротивление заземления бывает чрезвычайно трудно в областях с высоким удельным сопротивлением почвы. В то же время способ уменьшения угла защиты часто ограничен конструкцией опор. Опыт эксплуатации показал, что до сих пор не существует очень хороших мер предупреждения и значительного снижения количества грозовых аварий на линиях электропередачи, расположенных на сложной холмистой местности и в районах с высоким удельным сопротивлением почвы. Поэтому в некоторых странах с 1980 года на воздушных линиях электропередачи в качестве меры по уменьшению аварий от грозовых перенапряжений предусматривается установка ограничителей перенапряжений нелинейных на основе оксида цинка. В США и Японии данные ограничители перенапряжения также успешно применялись на воздушных линиях электропередачи. Опыт эксплуатации доказал, что использование ограничителей перенапряжений нелинейных для защиты от грозовых перенапряжений в областях с высоким удельным сопротивлением почвы может эффективно улучшить уровень грозостойкости воздушных линий.

Оснащение ограничителей перенапряжений нелинейных искровыми промежутками позволяет исключить воздействие на ограничитель рабочего напряжения промышленной частоты и воздействие коммутационных перенапряжений (искровые промежутки настраивают так, чтобы они не срабатывали при коммутационных перенапряжениях). Когда молния непосредственно поражает опору, часть тока молнии протекает через заземляющий провод к соседней опоре, другая часть молнии течет в землю через опору, сопротивление заземления опор проявляется переходной характеристикой сопротивления, это обычно характеризуется по сопротивлению импульсного заземления. Электрический потенциал траверсы быстро увеличивается при ударе молнии в опору, его значение потенциала равно [1]:

$$V_i = iR_i + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

Здесь, i - ток молнии, R_i - импульсное сопротивление заземления, $L \frac{di}{dt}$ - составляющая переходного состояния.

Когда разность потенциалов траверсы (V_i) и линейного индуцированного потенциала (V_l) составляет более 50% напряжения разряда изоляционной гирлянды ($U_{50\%}$), $V_i - V_l = U_{50\%}$, перекрытие будет происходить от траверсы к линии. Если учесть амплитуду напряжения промышленной частоты (U_m), то она составит $V_i - V_l - U_m = U_{50\%}$.

Таким образом, уровень устойчивости к ударам молнии связан с четырьмя важными факторами, такими как 50%-ное напряжение разряда гирлянды изоляторов, ток молнии, контактный заземляющий провод и сопротивление импульсного заземления опоры.

Снижение сопротивления заземления опоры является основной мерой по повышению уровня грозостойкости воздушной линии электропередачи без использования ограничителей перенапряжения для защиты от перенапряжений. В частности, очень сложно снизить сопротивление заземления в горах, что приводит к частым отключениям воздушной линии

при ударах молнии. Ограничитель перенапряжения устанавливается параллельно изолятору. Когда в линию передачи попадает молния, часть тока молнии протекает через заземляющий провод к соседней опоре, другая часть тока молнии течет в землю через опору. Когда ток молнии превышает значение срабатывания ограничителя перенапряжения, ток будет течь через ограничитель. После протекания тока молнии, ток постоянной частоты, протекающий через ограничитель, составляет только уровень в несколько мА, ограничитель отключит постоянный ток частоты при первом переходе через ноль, поэтому электрическая прочность диэлектрика быстро восстановится.

Таким образом, ограничитель перенапряжения для защиты от грозового перенапряжения играет важную роль в удержании потенциала, предотвращая пробоя изолирующей гирлянды, тем самым достигая цели, предотвращающей аварию линии передач от молнии.

Линия напряжением 35кВ относится к сети среднего напряжения и является одной из самых распространенных в России. Распределительная сеть имеет низкий уровень изоляции и сложную сеть конструкции, также нет заземляющего провода, муфты заземления, ограничителей и других защитных мер. Так что, отключение воздушной линии может быть легко вызвана прямым попаданием молнии или индукционной молнией в период гроз. Уровень грозоустойчивости линий электропередачи – это важные показатели для измерения эффекта защиты от молнии, это касается размера опоры, импульсного сопротивления заземления, количества изоляторов, типа изоляторов, местности вокруг опоры, эксплуатации и уровня обслуживания и так далее.

Когда в линию передачи попадает молния, ток молнии течет через провода в обе стороны от опоры. До отраженного формирования волны, соотношение напряжения и тока линии представляет собой характеристический импеданс Z . Импеданс воздушной линии при атмосферном перенапряжении равно почти 400 Ом.

Когда поражается линия передачи от молнии, ток молнии I , который вызывает перекрытие колонны изолятора будет равен [1]:

$$I = U_{50\%} / 100 \quad (2)$$

Здесь, $U_{50\%}$ - это величина 50% разрядного напряжения гирлянды изолятора.

Напряжение пробоя трех изоляторов составляет обычно $117,36 \times 3 = 352,08$ кВ.

Ток молнии в этом случае, который вызывает перекрытие гирлянды изолятора, составляет 3,52кА.

В соответствии с амплитудой тока молнии формула накопительной вероятности будет равна [1]:

$$\lg P = -I / 88 \quad (3)$$

Здесь, I - амплитуда тока молнии кА; P - вероятность того, что амплитуда тока молнии превышает I .

С помощью этой формулы получим вероятность $P = 91\%$, это означает, что с вероятностью в 91% молния вызовет отключение линии, если линия будет поражена молнией.

Согласно нормативной документации, когда разряд молнии попадет в землю на расстоянии не более 65 метров от воздушной линии, то в ней будет генерироваться напряжение [2]. Максимальное значение индуцированного напряжения может быть рассчитано следующим образом [1]:

$$U_g = 25 \frac{I \cdot H_c}{S} \quad (4)$$

Здесь, U_g - максимальное напряжение от молнии, кВ; I - амплитуда тока молнии (обычно не более 100), кА; H_c – средняя высота троса, м; S - расстояние между молнией и проводом, м.

В соответствии с формулой перенапряжение вызванное молнией пропорционально средней высоте воздушной линии. Наведенное напряжение обычно не более 300 кВ, однако, легко может произойти пробой изолятора из-за наведенного напряжения в распределительной сети 35 кВ и ниже [3].

Вывод. Обеспечение молниезащиты линии электропередачи при помощи ОПН получило широкое признание относительно других мер молниезащиты. Особенно ограничители перенапряжения могут значительно уменьшить угрозу возникновения аварии от грозовых перенапряжений на линиях электропередачи в сложной местности и зонах с высоким удельным сопротивлением грунта. В настоящее время промышленность стремительно развивается. Большое количество линий вводится каждый год, увеличение длины воздушных линий увеличивает вероятность поражения молнией. С точки зрения технической экономики, не на все опоры можно установить ограничители перенапряжений, поэтому мы предлагаем выборочно устанавливать ограничители перенапряжений в тех местах, где наиболее высока вероятность поражения воздушной линии молнией. При этом установка большого количества ограничителей в определенной степени усложняет обслуживание воздушной линии, поэтому необходимо строго контролировать количество устанавливаемых ограничителей.

Библиографический список:

1. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. [Текст] / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 320 с.
2. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений/Под научной редакцией Н.Н.Тиходеева. –2-е изд. – СПб.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. –355 с.
3. Базуткин В.В., Кадомская К.П., Костенко М.В., Михайлов Ю.А. Перенапряжения в электрических системах и защита от них. Учебник для вузов./ В.В. Базуткин и др. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1995. –320 с. –ISBN 5-283-04423-8.

УДК 621.316.1

Разработка математической модели кабельных линий для исследования их частотных характеристик

Манов А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Одним из актуальных направлений в энергетике и системах электроснабжения считается увеличение их энергетической эффективности. Для использования полного потенциала энергетической эффективности следует ясно понимать численные составляющие потерь и способов избавления от них. Около 75% от всех потерь составляют нагрузочные потери, т.е. потери, зависящие от передаваемой по сети мощности (из которых 86 % – потери в линиях электропередачи и 14% – потери в трансформаторах). Для того чтобы разработать результативные способы по уменьшению потерь в электросетях должна быть проведена оценка уровня потерь, обнаружены факторы, воздействующие на этот уровень и определена мера их воздействия. На данный момент процесс оценки и расчета уровня потерь в электросетях производится на основе прописанной Министерством энергетики РФ методики. К несчастью, указанная методика при определении нагрузочных потерь не берет во внимание потери, характеризующихся невысоким качеством электрической энергии по таким параметрам как асимметрия и несинусоидальность. В то же время сведения об уровнях потерь электрической энергии от токов обратной последовательности и высших гармоник тока могут помочь разработать результативные меры по уменьшению потерь в электросетях.

Целью работы является анализ существующих зависимостей сопротивления проводников от частоты, а также нахождение аналитических зависимостей активного сопротивления сети от частоты высшей гармонической составляющей с учетом влияния поверхностного эффекта.

Расчет нормативных потерь на перспективу производится на основе расчета потерь за базовый период, уровень которых необходимо определять с достижимой достоверностью.

Вычисления выполняются на основании данных, полученных в результате контрольных измерений исключительно одного временного момента (для дневного максимума, ночного минимума и т.д.). Для достижения высокой точности расчеты должны проводиться с перерывом в 1ч., то есть должно быть выполнено 24 замера за сутки, как правило на практике такого не происходит. Такие замеры на подстанциях производятся не часто, а современные системы телеизмерений имеет далеко не каждая подстанция. Программа перспективного развития энергетики РФ до 2030 предполагает полное обновление электросетей, что также означает установку на подстанции новейшие средства телеизмерений, отвечающие нормам проектирования подстанций. Однако если вернуться к реалиям нашего времени, то существует всего пять способов определения потерь мощности в электросети в целом. Официально они представлены в приказе министерства энергетики РФ N 326, являющимся в наше время основным документом, основываясь на котором вычисляются потери во всех энергоорганизациях страны. Подробное практическое применение указанных ниже методик опубликовано в работах таких русских ученых как Поспелов Г.Е., Железко Ю.С., Воротницкий В.Э.:

- 1) оперативных расчетов;
- 2) расчетных суток;
- 3) средних нагрузок;
- 4) числа часов наибольших потерь мощности;
- 5) оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Основным изъяном выше перечисленных методов является наличие немалых погрешностей расчета, т.е. невысокая точность. Это самая большая проблема в области вычисления потерь электрической энергии. Как правило используются вторая либо третья методики, основанные на расчете потерь мощности в каждом элементе сети и их суммировании. Наиболее используемые методики основываются на расчете активных потерь мощности на условном временном отрезке i и сложении результатов, дающее энергетические потери.

Рассмотренные методики вычисления дополнительных потерь не берут во внимание большое количество параметров, оказывающих влияние на режим работы линии:

- асимметрия параметров линий;
- асимметрия режимов линий;
- асимметрия режимов линии на высших гармонических составляющих;
- распределенность параметров на высших гармонических составляющих.

Высшие гармоники напряжения и тока в электросетях влекут за собой добавочные потери электрической энергии в элементах сети, сокращение срока службы электротехнического оборудования подстанций, оказывают отрицательное влияние на режимы работы питаемых электротехнических устройств, релейной защиты и промышленной автоматики.

В стандарте Европейского союза по качеству электрической энергии говорится о том, что искажения питающего напряжения (в отечественных источниках часто именуемые «отравлением») характеризуются прежде всего нелинейной природой нагрузок потребителей электрической энергии питаемых от любого уровня напряжения сети.

В системах электроснабжения источниками токов частот высшего порядка являются потребители с нелинейными вольтамперными характеристиками. Нелинейные потребители, употребляющие при синусоидальной фигуре питающего напряжения несинусоидальный ток, инжектируют высшие гармоники тока в питающую сеть, что влечет за собой ряд негативных последствий таких как искажение питающего напряжения, падение напряжений на высших частотах и другие.

В научной литературе проблеме отрицательного воздействия высших гармонических составляющих на системы и линии электроснабжения отведено большое количество внимания. Недостатком многих публикаций является общность формулировок о вреде высших гармоник. Например, «при прохождении высших гармоник возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии». При этом отсутствуют численные либо относительные данные о количестве добавочных потерь в сети от высших гармоник, либо численное определение интенсивности старения изоляции.

В ряде работ [1-4] указываются выражения для вычисления добавочных потерь в сети, обусловленных высшими гармоническими составляющими, и различные эмпирические зависимости сопротивления сети от частоты обусловленные влиянием поверхностного эффекта, однако они достаточно сильно отличаются и дают различные значение.

В источниках [1,2] говорится о том, что добавочные потери активной мощности и электроэнергии в линии электропередач возникают за счет протекания в ней токов высших гармонических составляющих, обусловленные поверхностным эффектом. Формула определения данных потерь:

$$\Delta P_{\Sigma n} = 3 \cdot \sum_n^N I_n^2 R_1 k_{\Gamma n}, \quad (1)$$

где n – номер гармонической составляющей; N – число учтенных гармонических составляющих; I_n – ток n -ой гармонической составляющей; R_1 – активное сопротивление линии на основной частоте; $k_{\Gamma n}$ – коэффициент, характеризующий влияние поверхностного эффекта. Существует зависимость данного коэффициента от частоты: $k_{\Gamma n} = 0,47 \cdot \sqrt{f}$.

В работе [4] указываются аппроксимирующие формулы зависимости коэффициента поверхностного эффекта от частоты, использование которых дает немного большее значения потерь. Согласно этой диссертации, активное сопротивление проводника на частоте n -ой гармонической составляющей определяется по формуле:

$$r_{0n} = r_0 (k_{Rn} + k_{\delta n}), \quad (2)$$

где r_0 – удельное сопротивление проводника постоянному току (с поправкой на температуру); k_{Rn} – коэффициент, характеризующий активное сопротивление проводников на высших частотах, $k_{\delta n}$ – коэффициент характеризующий эффект близости для n -ой гармонической составляющей.

Коэффициент k_{Rn} характеризующий активное сопротивление проводников на высших частотах для алюминиевых проводов равен:

$$k_{Rn} = 0,016 \cdot \sqrt{f}. \quad (3)$$

Для медных проводов k_{Rn} равен:

$$k_{Rn} = 0,021 \cdot \sqrt{f}. \quad (4)$$

Коэффициент $k_{\delta n}$ характеризующий влияние эффекта близости для n -ой гармонической составляющей вычисляется по формуле:

$$k_{\delta n} = \frac{1,18 + k_{\Gamma n}}{k_{\Gamma n}} \cdot 0,27 \left(\frac{d}{s} \right)^2, \quad (5)$$

где d – диаметр жилы провода, мм; s – удаленность центров жил друг от друга, мм. Эффект близости необходимо брать во внимание при расчете кабельных линий. При расчете воздушных линий, при условии $s > 50$, влиянием эффекта близости можно пренебречь, в этом случае формула для определения потерь от высших гармонических составляющих в линиях электропередачи будет иметь вид:

$$\Delta P_{\Sigma n} = 3r_0 l \cdot \sum_{n=2}^N I_n^2 (k_{\Gamma n} + k_{\delta n}). \quad (6)$$

В публикации [3] с помощью проведения экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости активного сопротивления от частоты для разных видов проводников. Данные зависимости представлены в таблице 1.

Вывод: Используемые способы вычисления потерь в электросетях имеют легкую методику расчета, но обладают довольно большой погрешностью. В них не рассматривается

несинусоидальность токов, существующие методики, учитывающие качество электрической энергии, не берут во внимание распределенность параметров на высших гармониках, асимметрию параметров, а также асимметрию токов основной и высших гармонических составляющих, а известные на сегодняшний день зависимости сопротивления проводников сети от частоты довольно сильно различаются и имеют неточности, обусловленные тем что они не берут во внимание геометрические свойства проводника, влияющие на поверхностный эффект.

Таблица 1 – Аппроксимирующие зависимости коэффициента $k_{Пн2}$, характеризующего поверхностный эффект для разных видов проводов

Тип проводника	$k_{Пн2}$
АС-400	0,3v
А-400	0,15v
Медный кабель	0,06v
Алюминиевый кабель	0,06v

Библиографический список:

1. Жежеленко, И. В. Электрические потери от высших гармоник в системах электроснабжения / И. В. Жежеленко // Электрика. – 2010. – № 4. – с. 3-6.
2. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий / И. В. Жежеленко. М.: Энергоатомиздат, 2004.
3. Люtareвич, А. Г. Оценка дополнительных потерь мощности от высших гармоник в элементах систем электроснабжения / А. Г. Люtareвич, А. А. Вырва, С. Ю. Долингер, Д. С. Осипов, И. Н. Четверик // Омский научный вестник. – 2009. – № 1. – С. 109-113.
4. Акимжанов, Т. Б., Разработка методики расчета добавочных потерь в воздушных линиях электроснабжения и оценка их уровня в электрических сетях. Дисс. Кат. наук. Специальность 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы. 2015, Томск.

УДК 622.692.4.074.3:550.838

Особенности определения положения магистральных трубопроводов в подводных переходах

Полетаев С.В., Старцев А.Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

В последние годы наблюдается бурное развитие трубопроводного транспорта нефти и газа. По маршруту прохождения магистральных трубопроводов расположено большое количество водных преград. С течением времени меняется пространственное положение магистрального трубопровода из-за среднегодовых колебаний температуры, размывания грунтов над трубопроводом и т.п. Подобные явления вызывают физические напряжения в материале трубопровода, поэтому необходимо проводить периодическое обследование с целью определения планово-высотного положения трубопровода, находящегося на дне под слоем грунта на грунте.

Для определения положения применяют ряд методов: гидроакустические, магнитометрические и индукционные. В [1] определяется положение трубопровода подводным беспилотным аппаратом гидроакустическим методом. Данный метод позволяет картографировать поверхность над трубопроводом и в случае, если трубопровод расположен под слоем грунта, его положение определить невозможно. Так же, при определении положения подводных переходов рек, экономически применять данный метод нецелесообразно.

Магнитометрический метод позволяет определить положение подземных коммуникаций магнитным способом [2]. Для измерения применяется полноградиентная многоканальная магнитометрическая система SeaPOS, датчики которой расположены в вершинах треугольной пирамиды, по форме близкой к тетраэдру, жестко закрепленной в немагнитном каркасе на немагнитном плавучем буксируемом носителе.

Прибором определяется пространственное положение магнитных аномалий в подводном положении. Величина аномалий определяется остаточной намагниченностью трубопровода, которая имеет небольшое значение. При этом технологические магнитные аномалии имеют правильную форму, поэтому для идентификации магнитных аномалий, соответствующих магистральному трубопроводу необходимо применять специальные алгоритмы фильтрации. Аномалии над трубами носят площадной характер, т.е. не являются линейными, а состоят из цепочек знакопеременных квазиизометричных аномалий.

Поэтому для решения поставленной задачи потребуется: а) проводить площадную съемку для их картирования и б) решать задачу в 3D-варианте. Вследствие небольших значений остаточной намагниченности магистрального трубопровода, погрешность определения осей коммуникации на поверхность будет превышать погрешность определения положением индукционным методом и может быть рекомендована к применению совместно с другими методами.

В индукционном методе на проводящее подземное сооружение подается переменное напряжение, которое излучает в пространство электромагнитное переменное поле. По величине электромагнитного поля трубокабелеискателем [3] определяют глубину залегания проводящих подземных сооружений на плане местности.

Распространение сигнала по длинной линии, физически представляющей участок подземного трубопровода, можно рассматривать как два одновременных взаимосвязанных процесса распространения волны тока и волны напряжения, сопровождающихся затуханием этих волн.

Определим затухание, вносимое одним километром трубопровода диаметром 1420 мм с толщиной стенки 18,7 мм, выполненной из трубной стали 17Г2СФ с удельным сопротивлением $0,245 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$. Погонные параметры трубопровода определим для различных типов покрытия трубы в зависимости от частоты протекающего в ней синусоидального тока. По их значениям построим зависимости затухания от частоты синусоидального сигнала (рисунок 1).

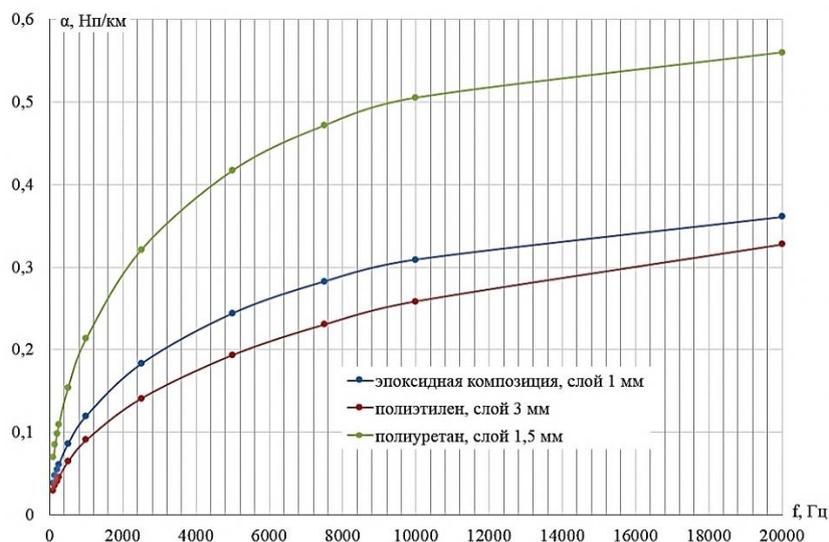


Рисунок 1 – Частотная характеристика затухания, вносимого 1 км трубопровода в зависимости от материала и толщины наружной защитной изоляции трубопровода

Таким образом, напряженность создаваемого на исследуемом участке электромагнитного поля будет определяться как расстоянием от источника электромагнитных волн, так и параметрами трубопровода.

Однако на точность измерений оказывают большое влияние диаметр коммуникаций, параметры окружающей среды и расположенные рядом подземные коммуникации [4].

Точность съёмки приборами поиска определяется формулой [5]:

$$m_c = \sqrt{m_\Gamma^2 + m_{из}^2 + m_\Pi^2},$$

где m_r – погрешность геодезической основы;
 $m_{из}$ – погрешность измерений при съёмке;
 $m_{п}$ – погрешность, вызванная проектированием оси подземной коммуникации на поверхность земли.

При этом погрешность вынесения осей коммуникации на поверхность m_r :

$$m_r = \sqrt{m_{гд}^2 + m_d^2 + m_{пр}^2 + m_l^2 + m_{ву}^2 + m_{ф}^2},$$

где $m_{гд}$ – погрешность, зависящая от глубины заложения подземных коммуникаций;
 m_d – погрешность, зависящая от диаметра подземных коммуникаций;
 $m_{пр}$ – погрешность проектирования подземных коммуникаций на поверхность земли;
 m_l – погрешность оператора;
 $m_{ву}$ – погрешность влияния внешних условий;
 $m_{ф}$ – погрешность, вызванная фиксацией подземных коммуникаций на поверхности земли.

Индукционный метод обеспечивает точность определения вынесенных осей подземных коммуникаций на поверхность в земле до 14 см при глубине залегания подземных коммуникаций на глубине до 3 м. При глубине залегания свыше 3 м погрешность определения глубины возрастает в несколько раз. Так же на точность определения глубины расположения подземных коммуникаций влияют внешние условия и наличие помех измерению. Поэтому данный метод можно рекомендовать, как экономически целесообразный, для определения положения в подводных переходах с быстрым течением и загрязнённым дном.

Библиографический список:

1. Способ и устройство для определения положения подводного трубопровода/Хаметов Р. К - RU 2472178 С1-10.08.2013
2. Иваненко, А. Н. Определение пространственного положения подводных трубопроводов с использованием полноградиентной магнитометрической системы/ А. Н. Иваненко, В. А. Саптунов, В.В. Архипов// Вести газовой науки – научнотехнический сборник - 2018 г №4, - с 94-104.
3. Бурсиан, В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке/ В. Р. Бурсиан - Л.: Недра, 1972, - 366 с.
4. Алейников, С. А. Анализ влияния помех на индуктивном методе поиска подземных коммуникаций/ С. А. Алейников// Геодезия и картография. - М.: Недра - 1977, № 9 - с. 16-20.
5. Самборский А. А. О точности съёмки (ИПК) инженерных подземных коммуникаций. - В сб.: Астрономические и геодезические исследования. Труды / VII съезд ВАГО. М., 1982, с. 63, 69.

УДК 621.311.4

Некоторые особенности методов оценки надёжности электроснабжения

Семяшкина Е.И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. При рассмотрении проблем повышения надёжности электроснабжения затронуты вопросы оценки надёжности эксплуатации систем электроснабжения, в том числе с помощью специализированного программного обеспечения. Перечислены необходимые мероприятия по повышению надёжности электроснабжения.

Ключевые слова: надёжность, электроснабжение, методы оценки надёжности.

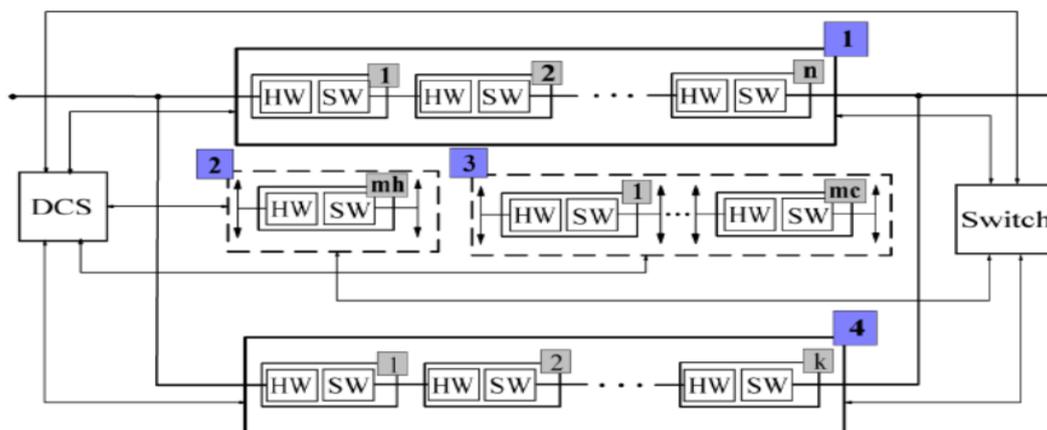
Устойчивая, бесперебойная и безаварийная работа любого промышленного предприятия напрямую зависит от качества и надёжности электроснабжения. Проблемы с электроснабжением промышленных предприятий в основном определяются перебоями в обеспечении электроэнергией.

Перерывы в электроснабжении промышленных предприятий приводят к серьезным последствиям, начиная от остановки или нарушений в технологических процессах (производственные предприятия различных типов, особенно предприятия с непрерывными технологическими процессами), до создания ситуаций, при которых возможна угроза безопасности оборудования и персонала. Это предприятия с повышенными условиями риска: угольная промышленность, нефтедобывающая, газовая отрасли и другие, а также с повышенным уровнем возникновения пожароопасных и взрывоопасных ситуаций.

В связи с этим актуальность проблемы повышения надежности электроснабжения не вызывает сомнения, и с учетом растущих требований к качеству электроснабжения будет только увеличиваться.

Перерывы в электроснабжении обусловлены чаще всего аварийными ситуациями в электроустановках как непосредственно предприятия, так и энергоснабжающей организации. В связи с этим и возможные решения по повышению надежности электроснабжения должны носить комплексный характер, то есть быть направлены на увеличение надежности как внешнего электроснабжения (задача энергоснабжающей организации), так и внутреннего (задача промышленного предприятия).

Одной из наиболее распространенных методик оценки надежности электронных средств является технология моделирования на основе марковских процессов [1], в которой ПАС представляется как дискретно-непрерывная стохастическая система, поскольку именно она позволяет выполнить поставленные задачи определения и исследования показателей надежности. В качестве моделей надежности ПС, которые генерируют входящие значения интенсивности отказов ПС для модели надежности ПАС, избирается модель с показателем сложности ПС, с одной стороны, S-образная модель, а также модель Гоеля-Окумото, как наиболее распространенные «эталонные» модели, – с другой [2]. Структурная схема оценки надежности электронных средств, согласно данной методики, представлена на рис. 1.



1 - основная ПАС; 2 - модули, которые находятся в горячем резерве;
3 - модули, которые находятся в холодном резерве; 4 - резервная ПАС

Рисунок 1 - Структурная схема анализа надежности электронных средств

Использование традиционных методик для оценки надежности приводит к завышенным оценкам показателей надежности, и, в частности, коэффициента готовности, что не дает возможности достоверно оценить риски функционирования такой системы. В свою очередь использование технологии моделирования на основе марковских процессов позволяет вычислить: функции готовности при изменении параметров исследуемой системы; среднее время до отказа; оценку безопасности и тому подобное.

Формальная модель не предназначена для непосредственных вычислений, однако она должна содержать достаточно информации для однозначного построения пространства состояний. Основные формальные модели: дерево отказов, блок-схемы надежности, сети Петри, диаграммы двоичного выбора, структурные модели.

Указанные модели являются двухполюсными, т.е. на основе связанности входящего и исходящего полюсов отражаются условия работоспособности или неработоспособности

системы. При описании многоуровневых электронных средств принято для каждого терминала составлять свою двухполюсную модель. Но такой подход не обеспечивает адекватного учета перераспределения нагрузки между элементами, связанными с различными терминалами. Для того, чтобы корректно учесть это явление, необходимо разработать многополюсные модели и математический аппарат для формализации явления перераспределения нагрузки.

На сегодняшний день широкое распространение получило использование специализированного программного обеспечения для автоматизированной оценки показателей надежности электронных средств.

В качестве примера можно привести программное обеспечение ASNA-2, в рамках которого:

- реализован программный древовидный алгоритм для создания матрицы коэффициентов надежности;

- создан программный модуль, обеспечивающий ввод начальных условий, для решения системы дифференциальных уравнений;

- организована возможность использования различных методов решения системы дифференциальных уравнений и созданы соответствующие DLL-модули (Dynamic Link Library, библиотека динамической компоновки);

- создан программный модуль, благодаря которому подключаются модули с различными методами решения системы дифференциальных уравнений в виде DLL программы.

- разработан программный модуль и интерфейс, который обрабатывает решения системы дифференциальных уравнений;

 - внедрен модуль, который экспортирует выходные данные.

- Интерфейс пользователя разработан в виде набора вкладок, которые разделены на две части - для ввода исходных данных и вывода результатов анализа.

Использование специального программного обеспечения для оценки надежности электронных средств, в частности, ASNA-2 позволяет: вводить исходящие данные в табличной форме; выбирать алгоритм формирования матрицы коэффициентов надежности, вводить произвольные начальные условия, учитывать законы распределения, отличные от экспоненциальных, выбирать метод решения системы дифференциальных уравнений. Также преимуществом автоматизированных методов оценки надежности является то, что алгоритмы и подпрограммы для решения систем дифференциальных уравнений реализованы программно в виде динамически загружаемых библиотек, что позволяет выбрать метод решения уравнений в зависимости от их размерности и жесткости, обеспечив получение результатов с нужной точностью.

Мероприятия по повышению надежности внешнего электроснабжения.

Обеспечение надежности внешнего электроснабжения, как правило, является задачей энергоснабжающей организации. Для решения данной задачи необходимо выполнение следующих мероприятий:

- при организации питания потребителя от двух независимых источников необходимо, чтобы данные источники были максимально независимы друг от друга и от других общих элементов энергосистемы. Например, при организации питания предприятия от двух секций двухтрансформаторной подстанции по двум линиям желательно, чтобы каждый из трансформаторов данной подстанции также питался от различных линий. В противном случае при аварии на питающей линии трансформаторной подстанции потребитель потеряет оба своих источника питания. Также, по возможности, не следует использовать для питания двухцепные ВЛ или прокладывать питающие кабели по одной трассе, так как вероятность их одновременного повреждения значительно выше, чем для отдельных одноцепных ВЛ и кабелей, проложенных по отдельным трассам;

- также для повышения надежности энергоснабжающая организация должна своевременно проводить замену и реконструкцию оборудования, срок службы которого превышает нормативный, или же характеристики оборудования из-за износа не удовлетворяют существующим требованиям;

- энергоснабжающая организация должна своевременно выполнять техническое обслуживание и ремонт собственного электрооборудования. Плановое техническое обслуживание и ремонт позволяет выявить и устранить ряд дефектов и неисправностей на ранних стадиях их возникновения;

- также при организации электроснабжения потребителей рекомендуется применять наиболее надежные варианты схем и оборудования. Например, количество аварий на ЛЭП, выполненных самонесущим изолированным проводом (СИП), значительно ниже, чем на ЛЭП, выполненных неизолированными проводами. А повреждения кабельных линий еще более редки;

- организация и настройка релейной защиты и автоматики питающей сети таким образом, чтобы возникающие короткие замыкания в прилегающей к центру питания предприятия сети ликвидировались с минимально возможными выдержками времени и тем самым уменьшали время исчезновения или просадки напряжения на промышленном предприятии.

Перечень мероприятий, приведенный выше, может быть расширен в каждом конкретном случае дополнительными пунктами, однако комплексное выполнение перечисленных мероприятий приводит к значительному снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций в питающей энергосистеме, и, как следствие, к увеличению надежности электроснабжения потребителей в целом и промышленных предприятий в частности.

Мероприятия по повышению надежности внутреннего электроснабжения.

Ряд мероприятий для решения проблемы надежности электроснабжения промышленных предприятий может и должен быть выполнен непосредственно на самом предприятии. К данным мероприятиям можно отнести:

- отнесение электроприемников предприятия к соответствующей категории по надежности электроснабжения. Согласно ПУЭ [3] электроприемники делятся на 3 категории надежности. Первая категория электроприемников имеет самые высокие требования к надежности электроснабжения, третья категория самые низкие.;

- применение в электроустановках предприятия быстродействующего аварийного ввода резерва (БАВР). Отличие БАВР от обычного АВР во времени действия: как правило, БАВР переключает потребителей на резервный источник питания за время, не превышающее 65 мс;

- установка на предприятии автономного источника питания, независимого от системы внешнего электроснабжения (дизель-генераторная установка, газотурбинная станция);

- разукрупнение узлов нагрузки предприятия, запитанных от одной питающей линии, применение радиальных схем питания электроприемников на предприятии позволяют при аварии на одной из внутренних линий электропередачи предприятия минимизировать количество отключенных электроприемников;

- применение токоограничивающих устройств в распределительной сети, снижение уровня токов короткого замыкания приводит к снижению повреждаемости оборудования промышленных предприятий [4].

- применение систем безаварийного прекращения технологического процесса в случае перерывов в электроснабжении предприятия.

Таким образом, непосредственно на промышленных предприятиях также имеется ряд возможностей для решения проблем надежности электроснабжения.

Библиографический список:

1. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М., Энергоатомиздат, 208 с., 1983.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М: Энергоатомиздат, 1995.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 г.
4. Веселов А.Е., Ярошевич В.В., Фастий Г.П. Повышение эффективности работы промышленных систем электроснабжения при использовании токоограничивающих устройств, Вестник МГТУ, том 14, №3, 2011 г.

В статье рассмотрено выполнение аналогово-цифрового преобразования с использованием программируемой логической интегральной схемы. Применение данной микросхемы позволяет с высокой скоростью обрабатывать данные с нескольких аналогово-цифровых преобразователей параллельно.

Ключевые слова: АЦП, ПЛИС, аналоговый сигнал, цифровая обработка сигналов, интерфейс SPI.

Аналогово-цифровой преобразователь

Для перехода от аналоговых сигналов к цифровым применяют специальные устройства, которые получили название аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) [1].

Существуют АЦП разного типа: параллельного преобразования, последовательного приближения, дельта-сигма АЦП и др. АЦП различаются по принципу работы, точности и скорости преобразования. В данной работе рассматривается АЦП последовательного приближения, который сохраняет баланс между скоростью работы и точностью преобразования [1].

Параметры аналогово-цифровых преобразователей

Одним из главных параметров АЦП является его разрядность. Этот параметр показывает на какое число дискретных уровней может быть разделен входной аналоговый сигнал. Так как двоичный цифровой сигнал имеет два возможных значения (1 или 0), то число дискретных уровней можно определить по следующей формуле [2]:

$$N = 2^k$$

где N – число дискретных уровней и k – разрядность АЦП.

Скорость преобразования АЦП зависит от такого параметра как частота дискретизации f_s . Этот параметр измеряется числом выборок (измерений) в секунду. Чем выше значение этой величины, тем с большим разрешением по времени можно оценить аналоговый сигнал.

При оцифровке сигнала используют теорему Котельникова-Найквита, которая гласит, что аналоговый сигнал может быть полностью восстановлен по его дискретным отсчетам, взятыми с частотой как минимум в два раза больше максимальной частоты в спектре этого аналогового сигнала. Данная теорема выражается следующей формулой [1,3]:

$$f_s \geq 2 \cdot f_{max}$$

где f_{max} – максимальная частота в спектре аналогового сигнала.

Для получения данных с АЦП используют различные устройства: микроконтроллеры, микропроцессоры или программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Использование того или иного устройства определяется поставленной задачей и скоростью, с которой необходимо получать данные. Если же необходимо обрабатывать данные параллельно сразу с большого числа АЦП, применяют ПЛИС [2].

Программируемая логическая интегральная схема

ПЛИС называют электронный компонент, который используется для создания конфигурируемых цифровых схем. В отличие от микроконтроллеров логика работы ПЛИС задается самим разработчиком. Для программирования ПЛИС используют специализированные языки описания аппаратуры: Verilog HDL, VHDL, AHDL и другие. ПЛИС применяют в большом числе задач: цифровая обработка сигналов (ЦОС), высокоскоростная передача данных, телекоммуникационные технологии, моделирование квантовых вычислений, высокоскоростная обработка радиолокационной информации и др.

К основным параметрам ПЛИС можно отнести количество логических элементов и частоту тактирования. В данной работе применяется ПЛИС EP4CE6E22C8 серии Cyclone IV от компании Altera (Рисунок 1) с 6272 логическими элементами. Тактируется данная микросхема с помощью кварцевого генератора 50 МГц.



Рисунок 1 – ПЛИС EP4CE6E22C8

В качестве АЦП применялась микросхема MCP3008 [4]. Данный АЦП содержит в себе 8 каналов разрядностью 10 бит. Максимальная частота дискретизации данного АЦП составляет 200 кГц.

Практическая часть

Программирование ПЛИС осуществлялось на языке описания аппаратуры Verilog. Для связи ПЛИС и АЦП требуется 4 сигнальных линии: *Clk*, *CS*, *Dout*, *Din*. Линия *Clk* – это линия тактовой частоты, *CS* – линия готовности АЦП к оцифровке и дальнейшей передачи данных, *Dout* – линия выходных данных, по которой АЦП последовательно передает 10 бит выходных данных, начиная со старшего бита и *Din* – линия, по которой ПЛИС задает номер канала, с которого необходимо оценить аналоговый сигнал. Полный цикл опроса АЦП занимает 18 тактов [4]. То есть, для получения частоты дискретизации 200 кГц, частота тактового импульса должна быть равна $18 \cdot 200 \cdot 10^3 = 3.6$ МГц. Данная частота не должна превышать частоту кварцевого генератора, которым тактируется ПЛИС, что в нашем случае выполняется ($50 \text{ МГц} > 3.6 \text{ МГц}$). Изучив документацию к АЦП, составим временную диаграмму сигналов (Рисунок 2).

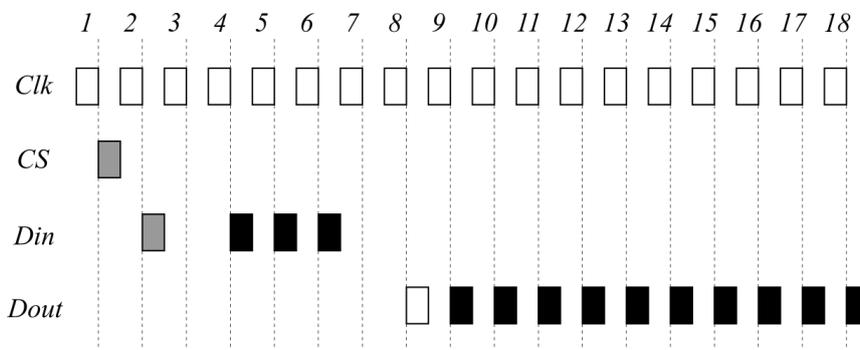


Рисунок 2 – Интерфейс SPI АЦП MCP3008

Для формирования сигнала воспользуемся генератором DG822. Сгенерируем синусоидальный сигнал частотой 5 Гц и амплитудой 0.5 В. Так как АЦП MCP3008 – однополярный, он не способен оцифровать сигнал отрицательного уровня, поэтому добавим к сигналу постоянную составляющую равную 1.5 В. Данные предоставим в виде графика (Рисунок 3).

На рисунке 3 серой линией отображен сигнал с генератора, черной линией – оцифрованный сигнал с использованием ПЛИС и АЦП MCP3008. Как видно, оцифрованный сигнал имеет неровности. Это связано с тем, что разрядность данного АЦП равна 10 бит. То есть, входной аналоговый сигнал разбивается на $N = 2^{10} = 1024$ частей, что при опорном напряжении АЦП равном 3.3 В дает разрешение $\frac{3.3}{1024} = 3.22$ мВ. Из рисунка заметно смещение по времени одного графика от другого. Это было сделано во время обработки данных для большей наглядности, чтобы один график полностью не закрывал другой. В целом АЦП произвел оцифровку аналогового сигнала с достаточной точностью по амплитуде.

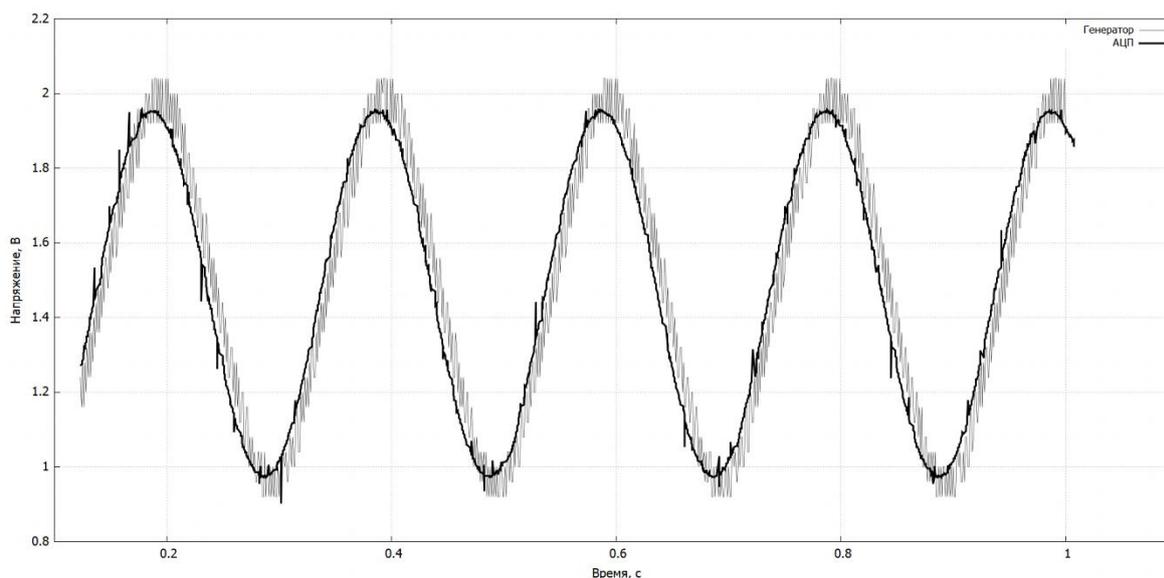


Рисунок 3 – Оцифрованный синусоидальный сигнал частотой 5 Гц

Так как частота дискретизации АЦП была выбрана 3.6 МГц, а частота сигнала была равна 5 Гц и сигнал состоял из одной синусоиды (то есть в его спектре была только одна основная гармоника), то условие дискретизации по теореме Котельникова-Найквита выполнялось:

$$3.6 \text{ МГц} \geq 2 \cdot 5 \text{ Гц}$$

Благодаря этому, аналоговый сигнал был точно оцифрован по времени, что позволяет определить его частоту с высокой точностью. Определение частоты сигнала очень важно, поскольку позволяет применять методы цифровой обработки сигнала для взятия быстрого преобразования Фурье, которое позволяет разложить сигнал по гармоническим составляющим.

Библиографический список:

1. Воробьев С.Н. Цифровая обработка сигналов. М.: Академия, 2013. -320 с.
2. Сюезв В.В. Основы теории цифровой обработки сигналов. Учебное пособие: - М.: Издательство "РТСофт", 2014. -752 с.
3. Смит Стивен. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит; пер. с англ. А.Ю. Линовича, С.В. Витязева, И.С. Гусинского. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 718 с.
4. Техническая документация АЦП MCP3008 [Электронный ресурс] // URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21295d.pdf>

УДК 621.314.21

Тепловая защита сухого трансформатора на основе нечеткой логики

Ширков А.Е.

Научный руководитель – Полетаев С.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

В статье рассмотрено применение нечеткой логики в тепловой защите сухого трансформатора. Описаны недостатки эксплуатации сухих трансформаторов, связанные с перегревом. Составлены лингвистические переменные и их функции принадлежности, лингвистические правила для системы нечеткого вывода. Показаны результаты моделирования тепловой защиты сухого трансформатора на основе нечеткой логики.

Ключевые слова: нечеткая логика, сухой трансформатор, защита от перегрева.

Особенность сухих трансформаторов состоит в том, что их преобразователи, магнитопровод и обмотки не погружаются в масло. Их охлаждение протекает за счет естественной циркуляции воздуха – воздушный потоков, проходящих через открытые пазы устройства. Так как у воздуха относительно низкая теплоемкость, то только небольшое количество тепла может быть отдано этим объектом в окружающую среду. В связи с этим у сухих трансформаторов выявляются следующие недостатки при эксплуатации:

1) У сухих трансформаторов часто случается повреждение литой изоляции в месте выводов обмотки, что приводит к необходимости замены повреждённого блока обмоток. Данный дефект возникает ввиду худшего охлаждения по сравнению с масляными трансформаторами и из-за нарушения силы шинных соединений на выводе обмотки НН.

2) Микроразрушения блоков обмоток сухих трансформаторов ввиду разного объёмного расширения проводника и литой изоляции под действием тепла. С течением времени эти дефекты перерастают в непрерывный пробой в месте повреждения, что в свою очередь является причиной межслоевого короткого замыкания и выгорания обмоток.

3) Сильное влияние параметров окружающей среды на обмотки трансформаторов с воздушно-барьерной изоляцией. Повышенная влажность и запыленность воздуха уменьшают электрическую прочность изоляции обмоток.

Данные дефекты развиваются практически бесследно и могут оставаться незамеченными вплоть до возникновения критических режимов работы. Вследствие этого возникает необходимость анализа тепловых режимов и заблаговременного определения сверхнормативных температурных состояний для контроля состояния изоляции.

Для эффективности эксплуатации и обеспечения селективности, чувствительности, быстродействия и надёжности защиты сухих трансформаторов также можно применить теорию нечетких множеств. Нечеткая логика может быть использована для анализа температурных режимов обмоток с целью контроля состояния изоляции, предупреждения перегрева и отключения трансформатора, не допустив достижения таких температур конструктивных частей при которых наступает их повреждение.

Для наглядного представления процесса нагрева была построена тепловая схема замещения сухого трансформатора (Рисунок 1)

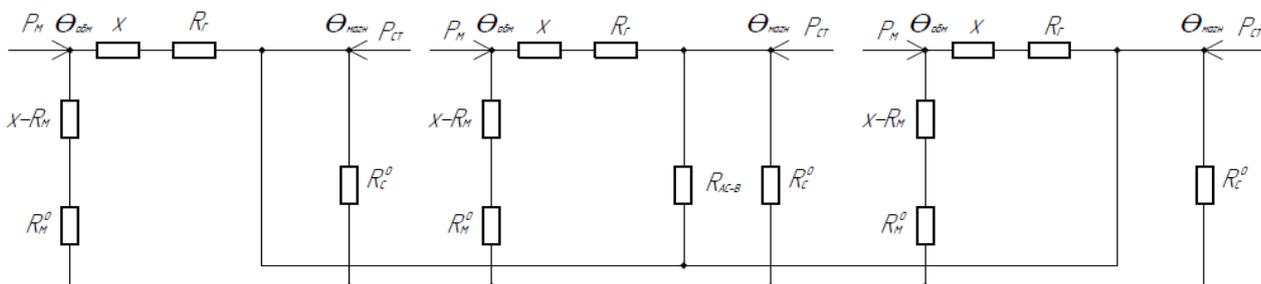


Рисунок 1 – Тепловая схема замещения сухого трёхфазного трансформатора

В результате расчета параметров схемы замещения для выбранного трансформатора и моделирования схемы в программном комплексе Simulink получаем зависимость температуры перегрева от времени.

Основой применения нечеткой логики является разработка системы нечеткого вывода, которая характеризуется следующими этапами:

1) Формирование базы правил систем нечеткого вывода, которая отображает формальное представление эмпирических знаний или опыт эксперта и формулируются в терминах нечетких лингвистических высказываний.

2) Фазификация входных переменных – определение действительного числа из интервала $[0, 1]$ характеризующую степень принадлежности входной переменной нечеткому множеству.

3) Операции блока логического заключения – определение истинности условий каждого правила, содержащихся в базе правил систем нечеткого вывода.

4) Дефазификация выходных параметров – определение обычного значения из переменных, полученных от блока логического заключения которое может быть использовано другими устройствами, например, блоком исполнительных органов.

Лингвистическая переменная «Превышение температуры», соответствующая входу нечеткого контроллера θ , задается термами Twork - «рабочее превышение температуры», Tsignal - «сигнальное превышение температуры», Temergency - «аварийное превышение температуры»(рисунок 2).

Лингвистическая переменная «время перегрева», соответствующая входу нечеткого контроллера $t_{перегр}$, задается термами tnorm - «допустимое время перегрева» и temergency - «недопустимое время перегрева»(рисунок 2).

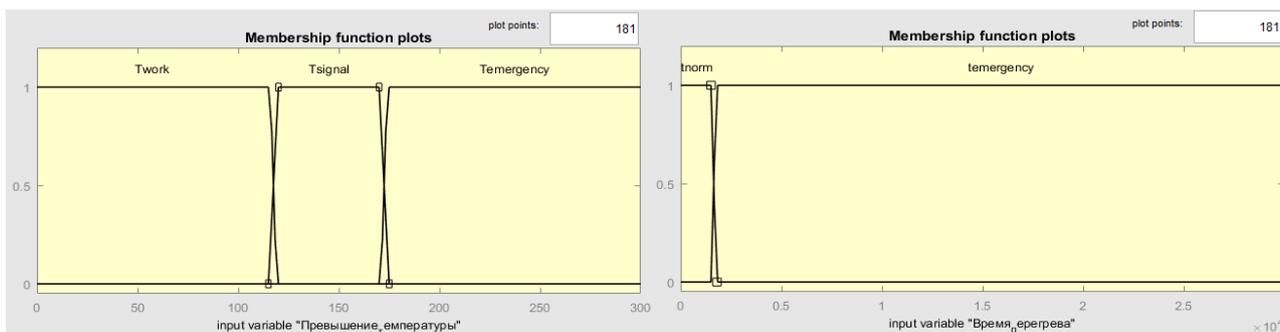


Рисунок 2 - Функции принадлежности лингвистических переменных, определяющих нечеткое представление входных сигналов нечеткого контроллера

Лингвистическая переменная «Режим работы», соответствующая выходу нечеткого контроллера, задается термами «Рабочий режим», «Сигнальный режим», «нулевая», «Аварийный режим».

Лингвистические правила, которыми следует руководствоваться при определении выходного сигнала выглядят следующим образом:

ЕСЛИ «превышение температуры» «рабочее», ТО «режим работы трансформатора» «рабочий»;

ЕСЛИ «превышение температуры» «сигнальное» И «время перегрева» «допустимое», ТО «режим работы трансформатора» «сигнальный»;

ЕСЛИ «превышение температуры» «сигнальное» И «время перегрева» «недопустимое», ТО «режим работы трансформатора» «аварийный»;

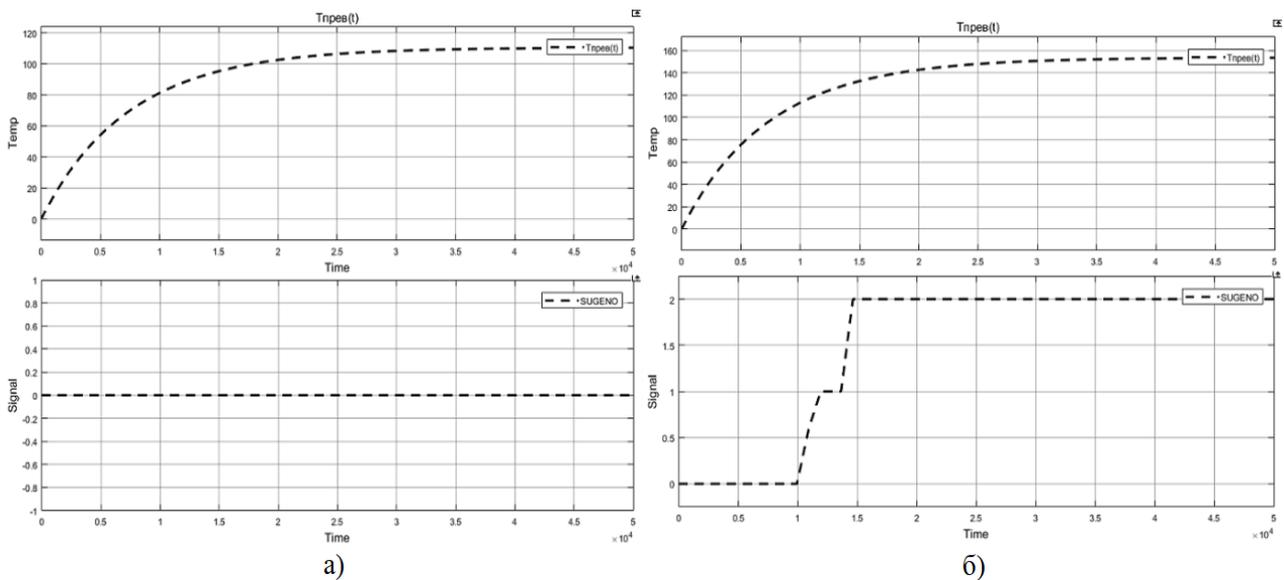
ЕСЛИ «превышение температуры» «аварийное», ТО «режим работы трансформатора» «аварийный».

При моделировании в зависимости от нагрузки мы получаем различный выходной сигнал из системы нечеткого вывода.

При номинальной нагрузке превышение температуры, полученное из тепловой схемы замещения, не достигает допустимой. Вследствие этого выходной сигнал из нечеткого контроллера будет сообщать о рабочем режиме работы трансформатора (Рисунок 3, а).

При нагрузке составляющую 120% от номинальной превышение температуры достигает допустимой. Срабатывает счетчик времени, который отсчитывает время перегрузки. Так, при $T_{прев} > T_{допуст}$ и $t_{перегрева} < t_{допуст}$ выходной сигнал из нечеткого контроллера сообщит о кратковременной перегрузке. Также если $T_{прев} > T_{допуст}$ и $t_{перегрева} > t_{допуст}$ или $T_{прев} > T_{аварийн}$ то выходной сигнал сообщит об аварийном режиме работы трансформатора и подаст сигнал на его отключение(Рисунок 3, б).

Таким образом, система температурной защиты на нечеткой логике определяется архитектурой системы нечеткого вывода: формой функций принадлежности, базой лингвистических правил, а также типом алгоритма нечеткого вывода. Поэтому при проектировании рассмотренного типа САУ с особой тщательностью необходимо подходить к выбору экспертов, методикам экспертного опроса и формированию базы правил.



а) При номинальной нагрузке; б) При перегрузке с коэффициентом 1,2

Рисунок 3 – Результаты моделирования нечеткой системы защиты от перегрева

Ввиду отсутствия методики создания алгоритма нечеткого вывода на основе базы лингвистических правил, выбор способов реализации определённых этапов алгоритма решается интуитивно. Конкретный алгоритм нечеткого вывода выполняется из некоторого числа возможных реализаций эмпирическим путём. На сегодняшний день остается открытым вопрос аналитического представления нечеткого контроллера, реализующего управление объектом наилучшим, с точки зрения критерия, образом.

Библиографический список:

1. Папков Б. В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков. учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Б. В. Папков, А. Л. Куликов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 470 с.
2. Мельников М. А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / М. А. Мельников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 218 с.
3. Белопольский И. И. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности / И. И. Белопольский, Е. И. Каретникова, Л. Г. Пикалова. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.: с ил.

УДК 621.3.048.1

Оснащение методик контроля состояния изоляции электрооборудования по характеристикам частичных разрядов

Шичев П.С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. Статья содержит сведения о технических решениях по обеспечению мониторинга состояния электродвигателей, трансформаторов, высоковольтных выключателей, ячеек распределительных устройств и кабельных линий на основе регистрации и анализа частичных разрядов в изоляции. Приводятся данные о существующих разработках первичных измерительных преобразователей, анализаторов и принципах построения измерительных систем контроля.

Ключевые слова: диагностика электрооборудования, частичные разряды, дефекты изоляции.

Основой метода контроля состояния электрооборудования по частичным разрядам (ЧР) является понятие о возникновении маломощного разряда, «перекрывающего» часть общего изоляционного промежутка, в местах, где диэлектрические свойства изоляционных материалов неоднородны, и где напряженность электрического поля может усиливаться, что приводит к местному частичному пробое изоляции, не являющимся полным пробоем. Как правило, развитию ЧР способствуют газовые включения, т. е. заполненные газом промежутки внутри изоляции, расположенные около проводника или около внутренней поверхности изоляции.

Применяемые методики диагностики по ЧР предусматривают в качестве диагностических параметров следующие: кажущийся заряд как наибольшая амплитуда разряда (в пК, или мВ), частота следования (импульса) ЧР, длительность импульса ЧР, суммарный заряд за интервал времени, средний ток ЧР и мощность ЧР.

В процессе мониторинга оценка уровня развития дефектов устанавливается по значению амплитуд ЧР и частоты их проявления за определенное время. Выявление места дефекта – локализация, может осуществляться по характеру распределения моментов возникновения ЧР на плоскости с осциллограммой напряжения (амплитудно-фазо-частотные распределения импульсов ЧР – *PRPD*-диаграммы), а также по рефлектограммам, которые являются инструментами многофункциональных измерительных систем и приборов контроля ЧР. Кроме того, качественный контроль предполагает отстройку от помех при измерениях, зачастую выполняемую анализом *PRPD*, графиков время-частотных (*TFM*) и амплитудо-количественных (*AQM*) распределений ЧР, отстройкой по времени прихода импульса от ЧР по двум и более каналам – *times of arrival (TOA)* [1].

Измерительные системы строятся с использованием датчиков ЧР, работающих в трех частотных диапазонах:

- низкочастотный (*LF*): 20-700 кГц – акустические датчики для диагностики маслонаполненного оборудования, в т. ч. силовых и измерительных трансформаторов, масляных выключателей с установкой датчика на корпусе;

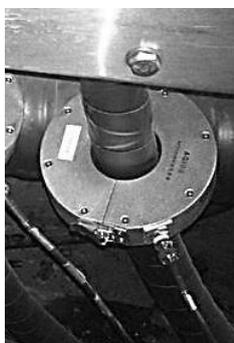
- высокочастотный (*HF*): 0,5-80 МГц – датчики типов *RFCT* (трансформаторного типа), *CC* (конденсатор связи) для диагностики большинства установок, в т. ч. трансформаторы, двигатели, генераторы, кабельные линии (КЛ) с установкой на заземление, оболочку и в разрыв цепей;

- сверхвысокочастотный (*UHF*): 0,1-3 ГГц – бесконтактные антенны для установки в бак трансформаторов и в корпус электрических машин [1].

На рисунках 1 а-г показаны исполнения датчиков трех указанных частотных диапазонов.



а) – датчик *LF*



б) – датчик *RFCT*



в) – датчик *CC*



г) – датчики *UHF*

Рисунок 1 – Разновидности датчиков ЧР

Прием и обработку сигналов с датчиков и анализ данных с выдачей результата мониторинга выполняют приборы, предназначенные для диагностики оборудования на месте, либо для подключения к информационно-измерительной системе объекта.

Отечественным производителем *Dimrus* [2] выпускаются многоканальные переносные приборы регистрации и анализа сигналов ЧР в изоляции электрооборудования *R2200* и приборы контроля ЧР в *UHF* диапазоне серий *ISPD* и *MDR*.

R2200 позволяет регистрировать ЧР в диапазоне 0,5-10 МГц по девяти каналам регистрации. При диагностике КЛ с применением рефлектограмм погрешность определения места повреждения составляет ± 2 м. Прибор функционирует с экспертной системой *PD-эксперт*, позволяющей использовать различные способы оценки дефектов и отстройки от помех, в т. ч. матрицы перенаводки импульсов с фазы на фазу внутри объекта; *TOA* с разрешением в 2 нс, контроль полярности импульсов по нескольким каналам одновременно, встроенные каналы контроля шумовых сигналов, *PRPD*, *TFM* и встроенную базу образов дефектов. Прибор *R2200* изображен на рисунке 2 а.

Приборы *ISPD* могут использоваться как базовые элементы для приема и обработки сигналов с данными о ЧР от датчиков *UHF*-диапазона (450-1500 МГц) в системах периодического и непрерывного мониторинга. Функции прибора регулируются с помощью программного обеспечения, в т. ч. удаленно. Позволяет проводить измерения частичных разрядов на токоведущих частях оборудования под рабочим напряжением. Прибор *ISPD* показан на рисунке 2 б.

Приборы *MDR-3* для оперативного мониторинга частичных разрядов в изоляции электрических машин, предполагает использование регистрирующей аппаратуры, работающей в расширенном диапазоне частот (0,5–700 МГц), что обеспечивает максимально высокую чувствительность системы мониторинга к возникновению различных дефектов в изоляции, как в зоне лобовых частей, так и внутри пазов. Система обеспечена тремя каналами регистрации данных с предельной величиной импульсов ЧР до 50 нКл. *MDR-3* и вариант установки датчиков показаны на рисунке 2 в.

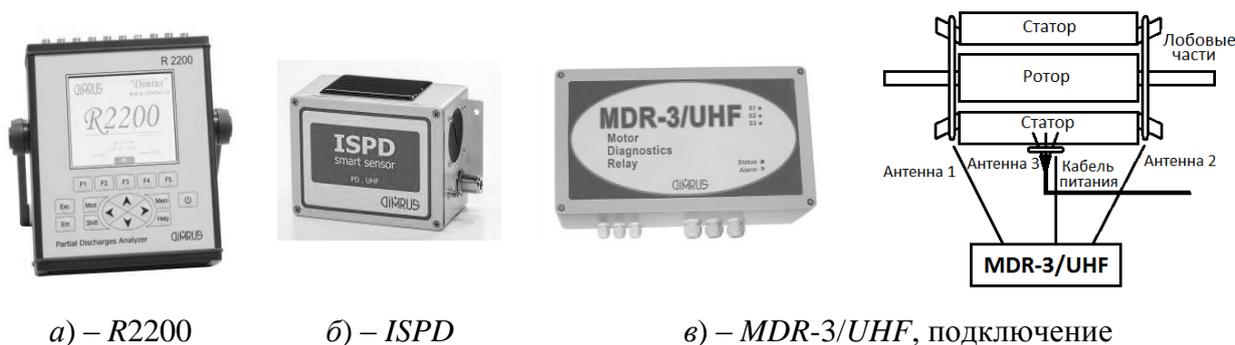


Рисунок 2 – Приборы регистрации и анализа ЧР *Dimrus*

Также *Dimrus* выпускаются системы комплексного мониторинга технического состояния электрооборудования, например генераторов и высоковольтных электродвигателей – *MDR-S20*, высоковольтных КЛ, в т. ч. соединительных и концевых муфт – *CDR*, и *CDM* (сборки до 45 линий), КРУЭ и отходящих КЛ – *GIS-DM*. Фирмой «Седатэк» [3] выпускаются системы обнаружения ЧР в кабельных муфтах серии *СМЧР-КМ*, и в изоляции КРУЭ серии *СМЧР-Э*, предполагающих установку датчиков акустического (*LF*) и трансформаторного (*HF*) типов на корпус и в заземление муфт и КРУЭ, и антенн (*UHF*) на корпус КРУЭ в местах стыков.

Отечественными производителями предлагаются готовые решения по оснащению методик периодической и непрерывной диагностики всех основных видов силового электрооборудования по характеристикам ЧР в изоляции.

Библиографический список:

1. Русов В. А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. 368 с.
2. DIMRUS [Электронный ресурс]. URL: <https://dimrus.ru/> (дата обращения 20.05.2021).
3. СЕДАТЭК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sedatec.org/> (дата обращения 20.05.2021).

Особенности разработки и исследование высокоскоростных синхронных турбинных машин с возбуждением от постоянных магнитов

Щетинин Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Актуальность разработки и применения синхронных машин с постоянными магнитами в условиях Крайнего Севера. Рассмотрено применение новых типов более сильных постоянных магнитов NdFeB. Показаны некоторые конструкции роторов синхронных машин с постоянными магнитами и рассмотрены особенности их конструкции. Описан расчет главных размеров и порядок проектирования турбогенераторов с постоянными магнитами. Проведено мультифизическое трехмерное моделирование для некоторых конструкций машины и получены основные электромагнитные характеристики.

Ключевые слова: синхронный генератор, постоянные магниты, ротор с постоянными магнитами, высокоскоростные электрические машины.

Применение, разработка и исследование синхронных машин в нефтегазовой отрасли в условиях Крайнего Севера, для привода насосных, компрессорных и газотурбинных установок, а также использование в дизельных генераторах и газогенераторах, на сегодняшний день является приоритетным направлением в электромеханике. Объем добываемого сырья растет, и увеличиваются мощности скважин, а вместе с ними и мощности приводных механизмов и потребителей. В связи с развитием арктической зоны Российской Федерации, целесообразно конструирование новых более мощных и более надежных синхронных машин, а именно генераторов с энергоэффективными показателями и оптимальными массогабаритными размерами. Одним из популярных направлений науки в электромеханике являются синхронные машины с возбуждением от постоянных магнитов.

В связи с удаленностью нефтегазовых месторождений от автономных электростанций, появляется тенденция развития синхронных турбогенераторов, с приводным механизмом от дизельной турбины или газотурбинной установки. С увеличением мощности потребителей необходимо создание экономически эффективных и надежных синхронных турбогенераторов (СТГ). Одним из способов повышения мощности СТГ является увеличение частоты вращения, тем самым существенно уменьшаются габаритные размеры, а с учетом применения постоянных магнитов вместо обмотки возбуждения, эксплуатация высокоскоростных машин упрощается.

Ввиду улучшения электромагнитных свойств магнитных материалов, а также их относительно не большой стоимости, например магниты NdFeB, стали часто использовать в микромашинах и в синхронных машинах мощностью до 100 кВт. Характеристики некоторых образцов постоянных магнитов, имеющие достаточно высокие энергетические показатели, могут достигать остаточную магнитную индукцию до 1,5 Тл. В таблице 1 приведены показатели магнитных свойств некоторых марок неодимовых магнитов.

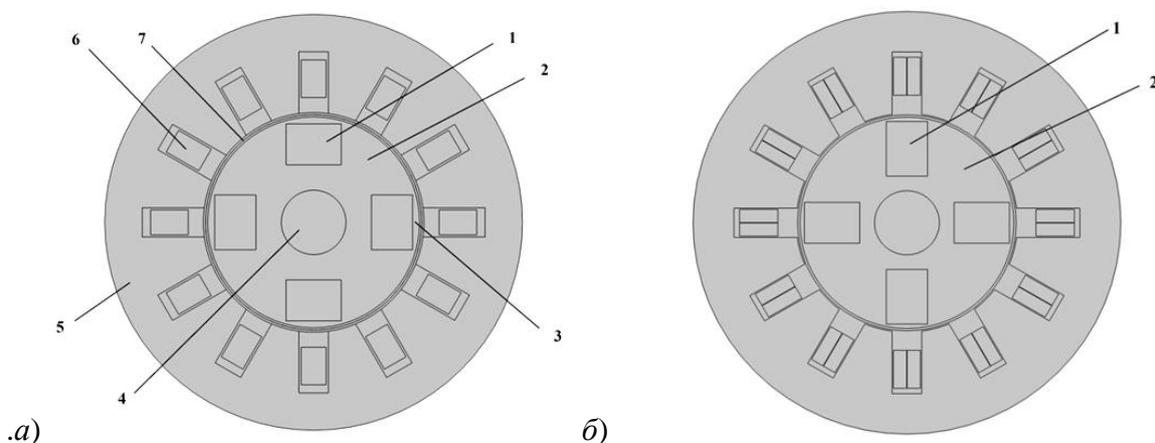
Таблица 1 – Магнитные свойства неодимовых магнитов

Тип	Остаточная намагниченность (Br)		Коэрцитивная сила (Hcb)		Внутренняя коэрцитивная сила (Hcj)		Максимальное энергетическое произведение (BH max)	
	мТл	кГс	кА/м	кЭ	кА/м	кЭ	кДж/м ³	МГсЭ
термостойкость до 80 °С								
VMM12-N54	1450-1510	14.5-15.1	≥836	≥10,5	≥876	≥11	406-438	51-55

Ротор с постоянными СТГ может быть выполнен с 1 или 2 числами пар полюсов, и в зависимости от скорости вращения ротора, частота сети может достигать 2000 Гц, но при этом увеличиваются магнитные потери и стоимость частотных преобразователей. Оптимальной для СТГ частотой является 200, 400 Гц.

Существует несколько типов роторов с постоянными магнитами. Известен ротор коллекторного типа с призматическими магнитами, расположенными в объеме ротора и радиальным намагничиванием [1], с учетом заданных параметров СТГ, расчетов и положения магнитов в роторе коллекторного типа, СТГ будет иметь вид (рис. 1, а). Конструктивные особенности СТГ заключаются в том, что ротор представляет собой шихтованный магнитопровод, сделанный в виде пакетов определенной толщины, между пакетами воздушный зазор, для улучшения охлаждения и уменьшения магнитных потерь в объеме стали и постоянных магнитов. Призматические магниты 2 вставлены во врезанные закрытые пазы. Такие пакеты насаживаются до необходимой длины ротора на вал 4. Статор 5 имеет пазы со стержневой обмоткой 6. Воздушный зазор 7 и магнитные перемычки 3 рассчитываются исходя из оптимального значения воздушного зазора и толщины перемычек с условием скорости вращения и механической прочности.

Так же в работах [2], [3] известна конструкция ротора синхронной машины с тангенциально намагниченными магнитами, расположенными в закрытых пазах ротора (рис. 1, б). С учетом заданных параметров, данный тип ротора имеет 4 полюса в виде концентраторов магнитного потока 2 в пазах, между которыми расположены магниты 1.



а) с радиальным намагничиванием, б) с тангенциальным расположением магнитов

Рисунок 1 – ТГ с ПМ с ротором коллекторного типа и призматическими магнитами

Разработка высокоскоростных турбогенераторов с постоянными магнитами большой мощности целесообразно начать с выбора электромагнитных нагрузок, задаваясь мощностью машины, скоростью вращения ротора. Далее необходимо производить расчет диаметра ротора и размера постоянных магнитов, так как NdFeB относительно хрупкий магнит и при большом крутящем моменте могут деформироваться или треснуть в пазах ротора, тем самым теряя свои магнитные свойства. Во избежание этого, необходимо ограничивать диаметр расположения магнитов.

Внутренний диаметр статора:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6,1 \cdot 10^6 \cdot P'}{\alpha_1 \cdot k_0 \cdot k_\phi \cdot A \cdot B_\delta \cdot n \cdot \lambda_i}}$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий падение магнитного напряжения в магнитной цепи в долях МДС реакции якоря; P' – расчетная мощность, МВт; k_0 – обмоточный коэффициент; k_ϕ – коэффициент формы кривой напряжения; λ_i – предварительное соотношение длины и диаметра машины.

Минимальная величина полного воздушного зазора:

$$\delta_{cp} = -D/2 + \sqrt{(D/2)^2 + A \cdot D / \Delta \cdot k_{з.м.}}$$

где A – линейная нагрузка А/м; Δ – плотность тока в стержне, А/м², $k_{з.м.}$ – коэффициент заполнения паза медью.

Толщина магнитных перемычек рассчитывается по известным формулам [4, с. 128], исходя из скорости вращения, диаметра магнитов и прочности электротехнической стали и удельной плотности магнитов.

Высота магнитов рассчитывается:

$$h_m = \frac{1,8 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot k_{ad} \cdot k_0 \cdot k \cdot D \cdot A}{2 \cdot p \cdot H_{м.к.}},$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий падение магнитного напряжения в магнитной цепи в долях МДС реакции якоря; $k = k_{opt} = \sqrt{2 \cdot (1 + \sin \varphi)}$ – оптимальная кратность тока КЗ; k_{ad} – предварительный коэффициент приведения МДС реакции якоря по продольной оси к МДС обмотки возбуждения; $H_{м.к.}$ – напряженность поля в магните при установившемся КЗ генератора, А/м.

Ширину призматического магнита b_m определяем из объема и длины магнитов:

$$V_m = \frac{p \cdot k_E \cdot P'}{8 \cdot k_0 \cdot k_\phi \cdot f \cdot B_{\delta cp} \cdot A},$$

$$L_m = \frac{2 \cdot p \cdot V_m}{\pi \cdot D_m^2},$$

где $B_{\delta cp}$ – средняя индукция по длине воздушного зазора, Тл; p – число полюсов; D_m – внешний диаметр магнитов по средней линии, м.

Произведя расчет данных типов конструкций, с учетом оптимальных геометрических соотношений и условиях технического задания, применяя трехмерное моделирование в программном комплексе Comsol Multiphysics, были получены следующие параметры ВТПМ (рис. 2, рис. 3, рис. 4).

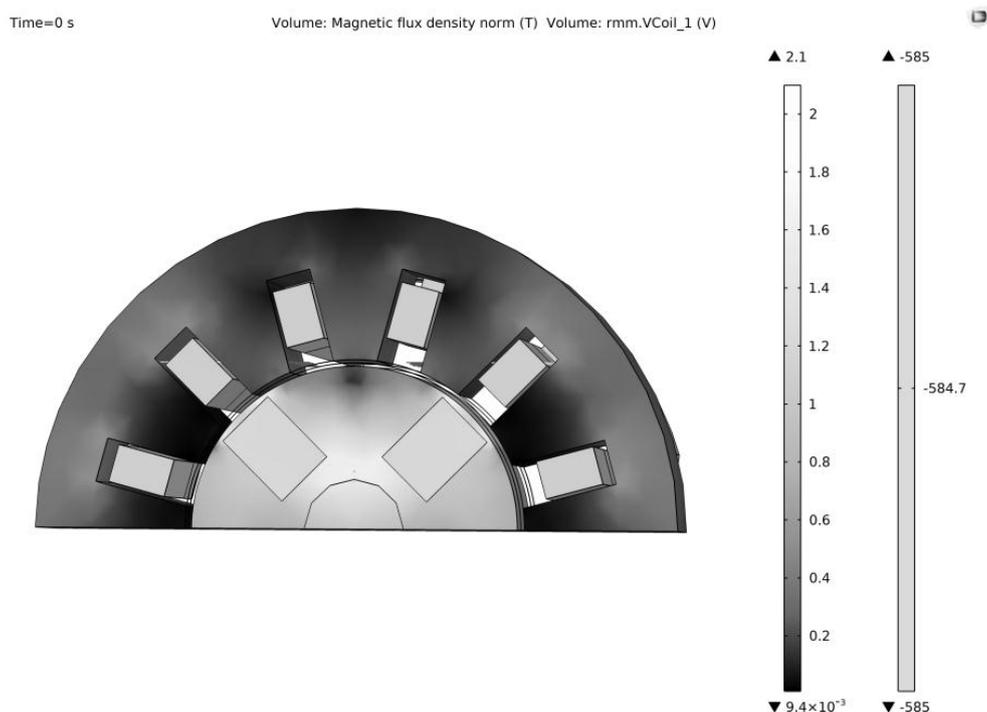


Рисунок 3 – Распределение магнитной индукции при трехмерном моделировании ТГ с тангенциально намагниченными магнитами

Time=1E-4 s

Volume: Magnetic flux density norm (T) Volume: Coil voltage (V)

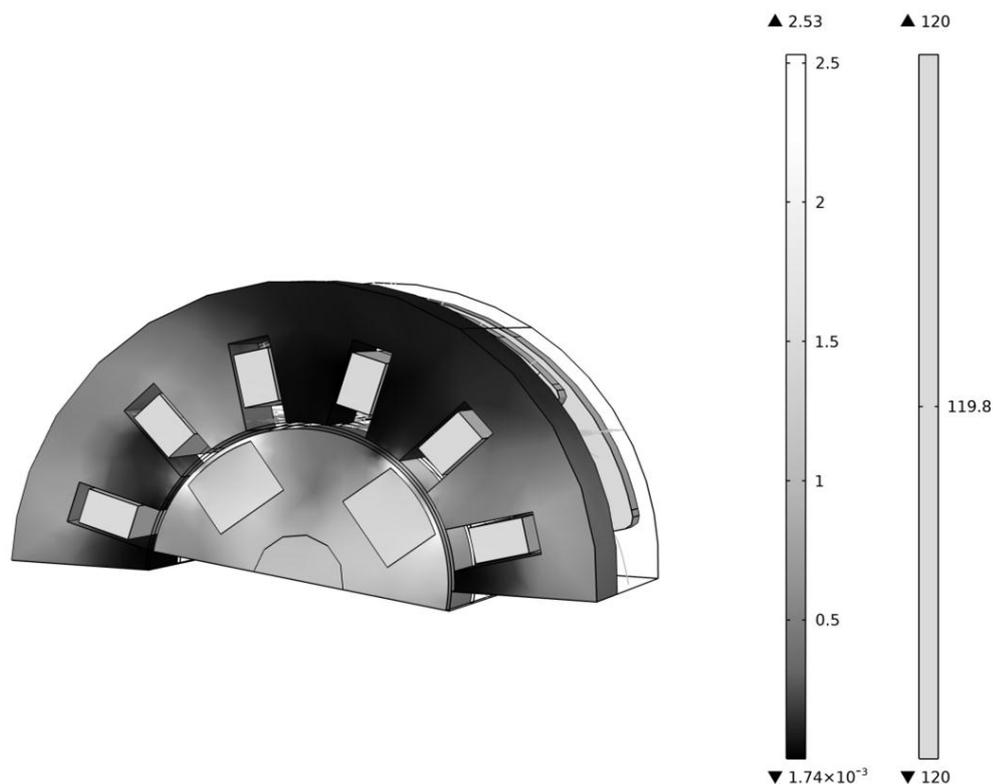


Рисунок 2 – Распределение магнитной индукции при трехмерном моделировании ТГ с радиально намагниченными магнитами

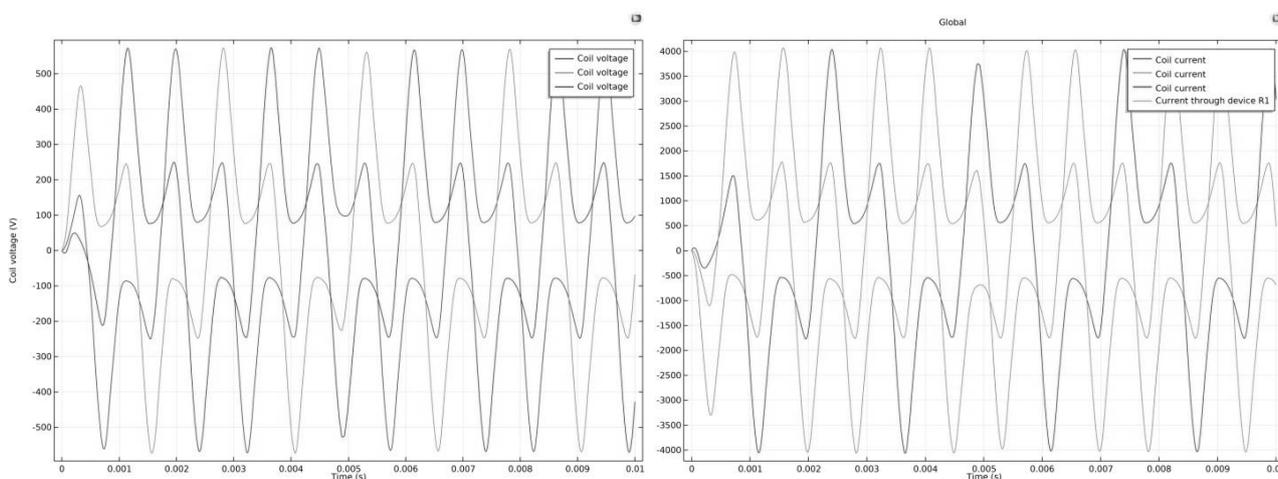


Рисунок 4 – Трехфазное напряжение и ток при номинальном режиме на выходе ТГ с радиально встроенными магнитами

Библиографический список:

1. Магин, В. В., Особенности проектирования роторов малошумных синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов. Труды ВНИИЭМ. – 2015. – Т. 155. – С. 3 – 15.
2. Осин И.Л. Синхронные электрические двигатели малой мощности. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 216 с.
3. Осин, И. Л., Колесников, В. П., Юферов, Ф. М. Синхронные микродвигатели с постоянными магнитами / И. Л. Осин, В. П. Колесников, Ф. М. Юферов. – Москва. : Энергия, 1979. – 232 с.
4. Ледовский, А. Н., Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами / А. Н. Ледовский. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с.

СЕКЦИЯ 2. МЕХАНИКА И ФИЗИКА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 531(0761)

Определение размеров переходной шейки образцов древесины для испытания на кручение

Михитаров А.Р.

Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта

Выполнение анализа напряжённо-деформированного состояния шейки образца для испытания на кручение, в результате которого получено обоснование длины шейки в зависимости от размеров лапки и диаметра рабочей зоны образца.

Ключевые слова: крутящий момент, образец, равнодействующая, система сил, шейка, лапка, рабочая зона.

Лабораторные испытания материалов являются важнейшей частью научных исследований их физико-механических характеристик. Разработано множество рекомендаций к проведению испытаний этих материалов [1], так как они являются сложным техническим действием и к ним предъявляются высокие требования качества. Один из вопросов таких исследований это геометрические характеристики испытываемых образцов.

Так как определение упругих характеристик древесины (модуля сдвига) лабораторным путём выполняется при испытании на сдвиг [1], следовательно, испытание на кручение имеет большое значение. Оно позволяет определять зависимость жёсткости при кручении от действия крутящего момента и угла закручивания. Для этого испытания применяется машина для испытания образцов на кручение КМ-50-1 (рисунок 1).

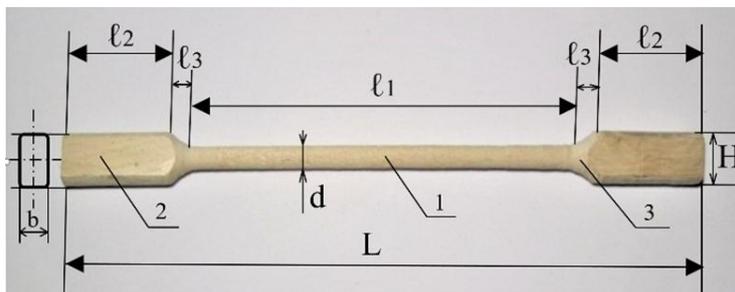


Рисунок 1 - Лабораторная установка для испытания на кручение «КМ-50-1»

Как известно, образец для испытания на кручение материала (рис. 2) можно разделить на следующие части: рабочая зона (1), лапки (2) и переходные шейки (3). Для изготовления образцов для испытаний нужно знать размеры этих частей. В ГОСТе 3565-80 «Металлы. Метод испытания на кручение» установлены ограничения радиуса закругления переходного участка от рабочей зоны к головке (лапке) крепления образца не менее 3 мм [2]. В данной работе определяется оптимальная длина переходного участка.

Размер лапок и рабочей зоны обуславливаются характеристиками захвата лабораторной установки, а длина шейки должна быть определена из условий оптимальности и точности эксперимента. Очевидным является то, что от правильности определения размеров шейки будет сильно зависеть положительный результат испытаний. Так при слишком большой длине шейки в ней возникнут недопустимые деформации, при короткой шейке передача нагрузки от лапки будет не полной [3]. Для нахождения этих размеров нужно задать условия, ограничивающие их.

Каждая из этих частей имеет своё предназначение: рабочая зона образца подвергается деформации под действием нагрузки, лапки предназначены для обеспечения надёжного крепления образца в захватном устройстве лабораторной установки, переходные шейки нужны для правильной передачи нагрузки от лапок к рабочей зоне.



1– рабочая зона образца, 2– лапки, 3– шейки

Рисунок 2 - Схема образца для испытаний

Проведём анализ напряжённно-деформированного состояния образца на участке, где шейка взаимодействует с лапкой и рабочей зоной [4, 5]. В захватном устройстве лапке, зажатой с двух плоскостей, передаётся крутящий момент M_k (рис. 3) в виде сил пары F_k распределённых по захватным плоскостям. Эти силы приводятся к двум равнодействующим F и F' , действующих на расстоянии h_1 от центральной оси образца перпендикулярно плоскости лапки, равном две третьих высоты лапки h_1 (рис. 3, 4), считая, что силы F и F' распределены пропорционально расстоянию от продольной оси образца по поверхности лапки.

$$h_1 = \frac{2}{3} \left(\frac{H}{2} \right) = \frac{H}{3}. \quad (1)$$

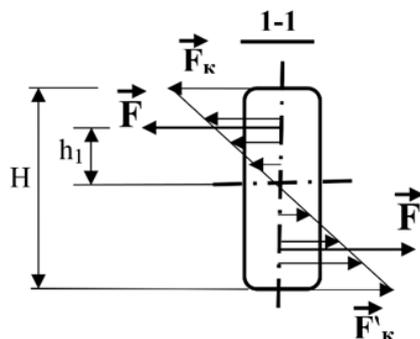
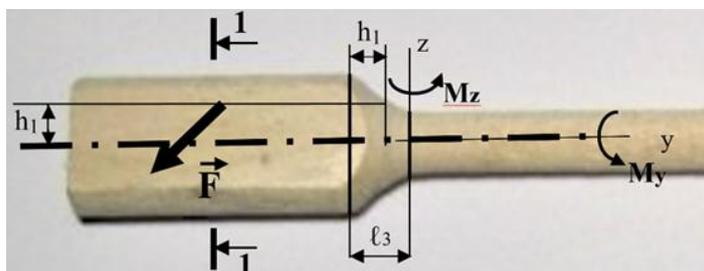


Рисунок 3 - Схема распределения сил нагрузки по поверхности лапки



1– рабочая зона образца, 2– лапки, 3– шейки

Рисунок 4 - Схема нагрузки на шейку

Зная расстояние h_1 от равнодействующей F до оси определяемое по схеме (рис. 2), как центр тяжести эпюры распределённых сил F_k можно предположить, что оно будет равным расстоянию до центра тяжести наклонной части шейки. Тогда длина шейки ℓ_3 будет равна основанию треугольника, с координатой центра тяжести равной h_1 . С учётом (1) получим:

$$\ell_3 = \frac{3h_1}{2} = \frac{H}{2}. \quad (2)$$

При такой длине шейки сила F , передающаяся от лапки на шейку будет равномерно распределяться по поверхности продолжения рабочей зоны 1 (рис. 2), так как центр тяжести сечения шейки совпадает с центром тяжести распределённых сил F_k . Так как в случае неравномерного распределения нагрузки будут возникать концентрации напряжений перед рабочей зоной, что недопустимо. Кроме того обеспечивается равенство приходящих от лапки пар сил M_z и M_z (рис. 4), перераспределяющих нагрузку от лапки по поверхности шейки.

В результате проведённого анализа следует, что назначение шейки сводится к такому распределению усилий захвата по поверхности рабочей зоны, при котором нагрузка, действующая на часть сечения лапки вне сечения рабочей зоны, будет посредством шейки также передаваться на поверхность рабочей зоны без потерь.

С другой стороны шейка не должна компенсировать напряжения, возникающие при кручении лапки, так как они незначительны, но и не может сделать этого.

В результате мы получили размер шейки (3), который обеспечивает передачу нагрузки от лапки непосредственно на поверхность рабочей зоны образца, равную нагрузке, действующей в захвате. А также получили объяснение предназначения переходной шейки в образцах для лабораторных испытаний.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве основания для выбора параметров переходной шейки образцов из дерева при испытании на кручение.

Библиографический список:

1. Ведянин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст]/ Г. В. Ведянин, – М. Компас, 1961 г.
2. ГОСТ 3565-80 Металлы. Метод испытания на кручение. Государственный комитет СССР по стандартам – М.: Ордена «Знак Почёта» Издательство стандартов, 1980 –13 с.
3. Волынский, В. Н. Взаимосвязь и изменчивость показателей физико-механических свойств древесины [Текст]/ В. Н. Волынский. – 2-е изд. – Архангельск, АГТУ, 2007– 196 с.
4. А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. Соппротивление материалов, – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1975. – 657 с.

СЕКЦИЯ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

УДК 331.452:665.612(470.13)

**Управление профессиональными рисками при работе подрядных организаций на
объектах Сосногорского ГПЗ**

Внуков Д.И.

Научный руководитель – Нор Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Газоперерабатывающий завод является опасным производственным объектом (ОПО), поэтому проблемы защиты занимают одно из центральных мест, поскольку технологические процессы переработки природного газа характеризуются повышенной взрывоопасностью, наличием значительного объема горючих нагрузок. Опасность производства газового конденсата определяется наличием большого количества опасных веществ, обращающихся на объекте, их физико-химическими свойствами, особенностями технологических процессов, характеристиками применяемого технологического оборудования и устройств и особенностями их компоновки.

Для постоянной работы подрядных организаций на территории ОПО, нужно точно знать, какие опасные факторы проявляются в деятельности. С целью своевременного

определения и понимания причин возникновения аварий, несчастных случаев руководству СГПЗ необходимо располагать эффективной системой управления профессиональными рисками, которая должна основываться на особенностях производства. При анализе опасностей проводится выявление и оценки риска производственных опасностей не только в штатных условиях работы, но и случаев отклонений контролируемых параметров, связанных с возможными авариями на объекте.

На сегодняшний день управление профессиональными рисками является необходимой составной частью эффективной системы промышленной безопасности. Актуальность темы определена необходимостью создания действенной системы управления профессиональными рисками при работе порядных организаций на объектах Сосногорского ГПЗ.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что действенная система управления профессиональными рисками позволит своевременно внедрять необходимые мероприятия по обеспечению безопасности технологического процесса, меры предупреждения аварий и снижения их последствий.

Проанализируем частоту реализации возможных сценариев:

1) наиболее опасный:

утечка ГВС → образование облака ГВС → отказ газоанализатора → воздействие источника зажигания → воспламенение → взрыв → воздействие ударных волн, теплового излучения;

2) сценарий наименее опасный:

утечка ГВС → срабатывание газоанализатора → отсутствие опасных событий.

Рассмотрим «Дерево событий» при возникновении взрывоопасной ситуации при ремонте подводящего трубопровода на территории площадки № 1 СГПЗ (рис. 1). Для оценки частоты возникновения отказов газоаналитических систем рассмотрено дерево событий. [1, 2, 3]

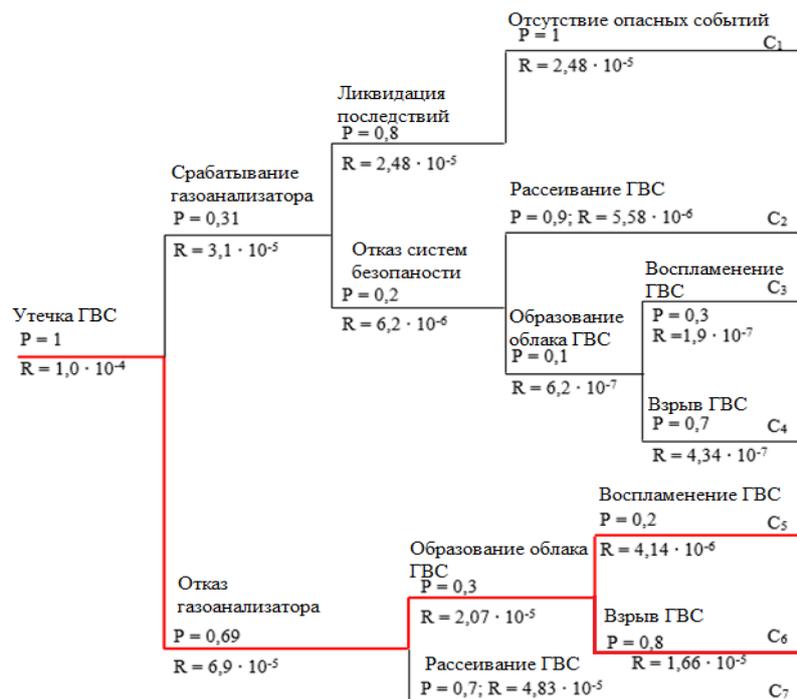
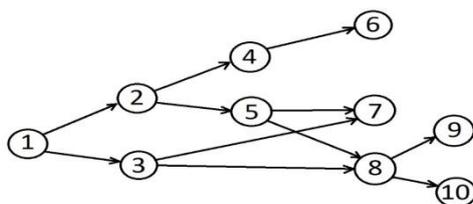


Рисунок 1 – Дерево событий при использовании существующей системы

Сетевая диаграмма (сеть, граф сети, PERT-диаграмма) – это графическое отображение работ проекта и зависимостей между ними. В планировании и управлении проектами под термином «сеть» понимается полный комплекс работ и вех проекта с установленными между ними зависимостями.

Сетевые диаграммы отображают сетевую модель в графическом виде как множество вершин, соответствующих работам, связанных линиями, представляющими взаимосвязи между работами.

Представим процесс утечки ГВС на площадке УСК – 1 в виде потокового графа (рисунок 2). Этот граф, называемый сетью типа «вершина – работа» или диаграммой предшествования – следования, является наиболее распространенным представлением сети.



- 1 - утечка ГВС; 2 - срабатывание газоанализатора; 3 - отказ газоанализатора;
 4 - ликвидация последствий; 5 - отказ систем безопасности;
 6 - отсутствие опасных событий; 7 - рассеивание ГВС; 8 - образование облака ГВС;
 9 - воспламенение ГВС; 10 - взрыв ГВС

Рисунок 2 – Процесс утечки ГВС на площадке УСК – 1

Проанализировав существующие методы оценки риска, в основу моей работы был заложен метод «галстук-бабочка» (рисунок 3).

Применим диаграмму галстук-бабочка для СГПЗ. Для данного метода мы выберем риск – загазованности территории при проведении ремонтных работ подрядными организациями на площадке, расположенной на территории Сосногорского ГПЗ, который считается наиболее опасным при проведении работ по капитальному ремонту установок.

Построим диаграмму (рисунок 3) с учётом существующих систем обеспечения безопасности на рассматриваемом предприятии, анализируя и обосновывая существующие барьеры на пути и после возникновения загазованности, в результате выброса или утечки СУГ. Вероятность возникновения того или иного события были определены статистическими данными.

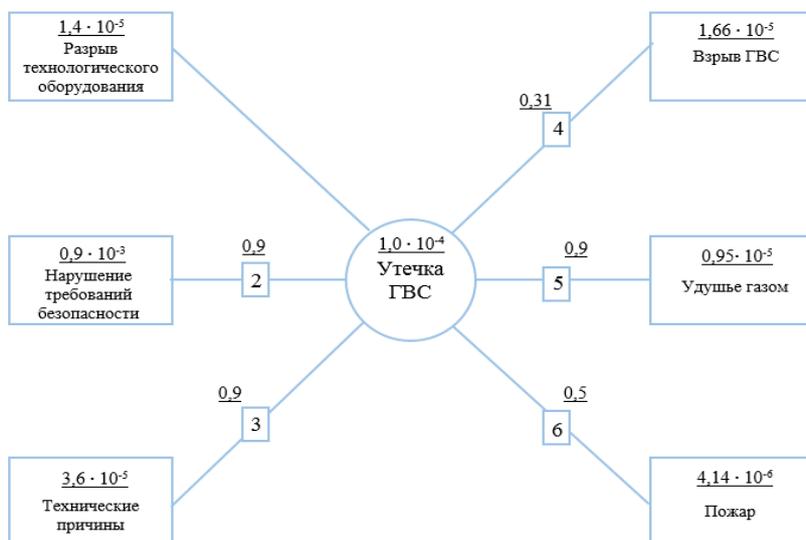


Рисунок 3 – Оценка риска методом «галстук-бабочка» при использовании существующей системы

Метод «галстук-бабочка» заключается в составлении рисунка диаграммы, на которой в левой части отражают потенциальные причины возникновения риска, а в правой части показывают предполагаемые последствия. В центре диаграммы показывают основной риск, имеющийся на предприятии. И находят взаимосвязь причин и последствий с данным риском. Подобное отображение позволяет увидеть основные проблемы и устранить их, тем самым минимизировав возможность данного риска.

Сравнительный анализ эффективности предлагаемых мероприятий проведем на основании оценки риска, прибегнув к построению дерева событий. [2, 2, 3,] Рассмотрим «дерево событий» после внедрения предлагаемого устройства соответственно (рисунок 4).



Рисунок 4 – Дерево событий для предлагаемой газоаналитической системы

Внедрение предложенного мероприятия позволяет снизить риск возникновения аварии и индивидуальный с коллективным соответственно (рисунок 5).

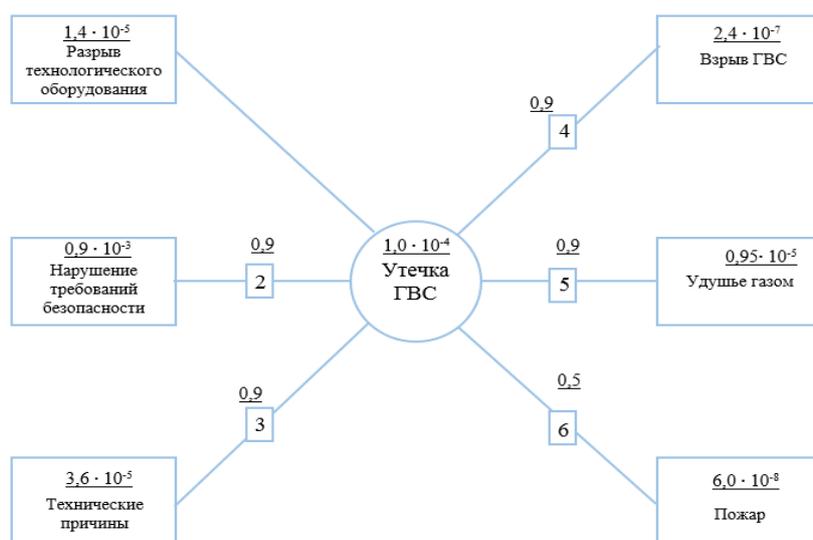


Рисунок 5 – Оценка риска методом «галстук-бабочка» для предлагаемой газоаналитической системы

В работе определены методы управление профессиональными рисками при работе порядных организаций на объектах Сосоногорского ГПЗ. Рассмотрены самые распространенные методы оценки риска. Благодаря этому, выбор пал на самый оптимальный метод – «галстук-бабочка».

Библиографический список:

1. Методики оценки техногенного риска [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <http://studfiles.ru/>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 05.03.2021 г.).
2. Понятие о риске. Расчет риска [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <http://studFiles.net/>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 05.03.2021 г.).
3. Теоретические основы оценки риска [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <http://revolution.allbest.ru/>, свободный. – Яз. Рус. (Дата обращения 05.03.2021 г.).

Поиск технических решений для повышения устойчивости уступов при карьерной разработке Средне-Тиманского бокситового рудника

Грунковой Т.В.

Научный руководитель – Нор Е.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. Разработка бокситовых месторождений Среднего Тимана вносит большой экономический вклад в развитие Республики Коми. Извлечение бокситов проводится открытым способом на карьерах Средне-Тиманского месторождения, которые расположены вблизи поселка Чиньяворык. В последнее время в организации занимающейся добычей бокситов увеличен фактический объем добычи за счет углубления карьеров. Анализ смертельного травматизма за период 2015-2019 гг. при карьерной разработке месторождений позволил выявить основные причины возникновения несчастных случаев, которыми являются обрушения горных пород 24%, технологическое транспортирование горной породы 20% и механизмы используемые в добыче полезных ископаемых 18% от всех случаев.

Ключевые слова: карьерная разработка, обрушение уступов, производственный травматизм, опасные факторы, повышение устойчивости.

Согласно инженерно-геологическому анализу определены наиболее опасные места, где возможны обрушения бортов с травмированием работников.

В целях обеспечения безопасности необходимо провести поиск новых методов к укреплению уступов для достижения требуемого уровня устойчивости пород, располагаемых на бортах разрабатываемого карьера [1].

В соответствии с расчетными значениями и отнесения к категориям риска были выделены наиболее опасные места обрушения бортов карьера [2].

Поиск технологий обеспечения устойчивости уступов при карьерной разработке Средне-Тиманского бокситового рудника

Карьерная разработка месторождения приносит компании 90 % бокситов, которые добываются открытым способом.

В настоящее время идет активное развитие карьерной разработки месторождений и наращивание объемов добычи полезных ископаемых. При этом обрушение уступов бортов карьера является основным опасным фактором при разработке Средне-Тиманского бокситового месторождения. Производственный травматизм, связанный с обрушениями и оползнями откосов на карьерах, остается на высоком уровне.

При выполнении работ на Средне-Тиманского бокситового рудника основными причинами случаев смертельного травматизма являются падающие куски породы в результате обрушения уступов при карьерной разработке месторождения бокситов.

Основной задачей для обеспечения защиты человека, выполняющего е работы, является укрепления уступов карьера.

Проведенный анализ сравнительных характеристик вариантов укрепления откосов показал, что наиболее приемлемым вариантом является гидроструйная цементация.

На основании анализа данных взятых с предприятия и проведенного расчета коэффициента устойчивости составлен план карьера № 4 с районированием по степени опасностей, который демонстрирует места потенциального обрушения.

Выделены 4 участка с высоким риском для восточной части карьера:

- зоны № 1 и № 2 (красного цвета) с разрушением скальных пород (участки уступов обозначенные синем цветом).

- зоны № 3 и № 4 со сдвигом клиновидных и трапециевидных блоков рыхлых пород (участки уступов желтого цвета).

Участки со средним риском расположены в западной части карьера:

- зона № 5 (жёлтого цвета) со сдвигом клиновидных и трапецевидных блоков рыхлых пород.

Все остальные уступы карьера отнесены к уровню малого риска.

В настоящее время нарезано 10 уступов, постоянно в работе находятся 7-8 уступов.

Анализ устойчивости уступов карьера № 4 Средне-Тиманского бокситового рудника по уровню потенциального опасности показал значение коэффициентов устойчивости для зон с высоким риском № 1 и 2 составляет 0,97. Для зон № 3 и 4 коэффициент устойчивости 0,99. Для зоны № 5 среднего риска с коэффициентом устойчивости 1,1. Участки с малым уровнем потенциального риска с коэффициентом устойчивости 1,33.

Существующая система укрепления уступов опасных участков осуществляется с помощью подпорки из породы, мало эффективный способ. Коэффициент устойчивости равен 1,33, что соответствует критическому значению в 1,3 для карьера № 4.

Поиск технологий обеспечения устойчивости уступов при карьерной разработке Средне-Тиманского бокситового рудника включает в себя поиск решений для устойчивости бортов карьер с целью снижения риска обрушения уступов. Для этого проведем сравнительный анализ соответствующих решений.

Из представленных 4 вариантов: 1) Железобетонные сваи; 2) Анкерное укрепление; 3) Цементация или смолизация; 4) Гидроструйная цементация. необходимо подобрать наиболее приемлемый вариант укрепления откосов для соответствующих зон риска и горных пород.

Согласно проведенному анализу устойчивости бортов и потенциального обрушения определены стабилизирующие мероприятия для соответствующих зон риска и горных пород. Для повышения устойчивости уступов предлагается к применению 3 варианта: с помощью гидроструйной цементации, набрызга бетон по композитной сетки и изоляцию полимерной сеткой.

Срок службы при укреплении прибортового массива с использованием гидроструйной цементации не менее 10 лет.

Коммерческая эффективность достигается путём снижения травматизма и НС при разработке бокситового рудника.

Инновационной технологией является закрепления уступов с помощью гидроструйной цементации, которая осуществляется в несколько этапов. 1- проходят скважины на проектную глубину, исходя из проведенного расчета. 2 - проводят промывку скважины под небольшим давлением, в результате цементный раствор разрушает горные породы и перемешивается с ними. На третьем и четвертом этапе проводят выемку колонны с увеличением давления в закачиваемом растворе, что позволяет создать так называемый фундамент из породобетона с высокими несущими показателями.

Технические характеристики получаемой цементной колонны для укрепления уступа представлены в таблице. Для участка № 1 и 2 необходимо 352 цементные колонны, расположенных на минимальном возможном расстоянии друг к другу исходя из процессов деформации в горном массиве, с диаметров 0,5 м и глубиной залегания колонны 12,5 м.

Полученные значения коэффициента устойчивости для гидроструйной цементации 1,79, для набрызга бетона 1,5 и для изоляции полимерной сеткой 1,4 свидетельствует об устойчивом состоянии уступов в сравнении с применяемым методом укрепления с помощью подпорных стенок с породной пригрузкой с коэффициентом 1,33. Критическое значение коэффициента устойчивости для карьера № 4 составляет 1,3. В результате расчета были

Техническая эффективность гидроструйной цементации составляет 85 %, исходя из сравнения коэффициентов устойчивости до мероприятия 0,97 для зон № 1 и 2, после 1,79. Вероятность причины недостаточное укрепление уступа снизилась до значения $5,91 \cdot 10^{-3}$ соответственно. Построено дерево причин и проведен расчет риска травмирования работника, полученное значение составляет $9,1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Выводы.

Проведенный анализ опасностей при проведении карьерной разработке месторождения бокситов выявил, что основной причиной травматизма является опасность обрушения уступов.

На основе проведенного анализа по результатам инженерно-геологического районирования карьера № 4 были определены уступы с высоким и средним потенциальным риском обрушения, подлежащих приведению в безопасное состояние.

Анализ применяемой системы укрепления откосов карьера показал, что для обеспечения безопасных условий труда существующих мер недостаточно.

Выделенные участки деформации по степени опасности позволили выбрать рациональные способы укрепления бортов карьера. Сравнительный анализ вариантов укрепления откосов показал, что наиболее эффективным решением является использование гидроструйной цементации, набрызг бетона на композитную сетку и изоляцию полимерной сеткой, что позволяет повысить безопасность открытой разработки и достигнуть соответствующего уровня защиты персонала от падения кусков породы с уступов в рабочее пространство карьера.

В результате предложенных мероприятий безопасности риск травмирования работника снизился с $1,97 \cdot 10^{-5}$ до $9,1 \cdot 10^{-6}$, эффективность составляет 54 %.

Библиографический список:

1. Годовой отчет Ростехнадзора за 2019 год [Электронный ресурс]: Доклад / Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/, свободный. – Яз. рус.
2. Могилат, В. Л. Основные причины возникновения и развития опасных производственных ситуаций на горнодобывающих предприятиях [Текст] : статья / Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва : МГГУ, 2005. – № 1. – с. 70-72.
3. Саканцев, Г. Г. Установление области применения внутреннего отвалообразования при открытой разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых [Текст] : статья / Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. . – Москва, 2014, № 3, С. 87–96.
4. Селюков, А. В. Технологическое развитие блокового способа открытой разработки угольных месторождений / А. В Селюков, Я. О. Литвин / [Текст] : статья / Естественные и технические науки. – Москва, 2015, № 3 (81), С. 94–94.
5. Головин, К. А. О применении метода гидроструйной цементации пород в горном деле [Текст] : статья / Горный журнал. – Москва, 2008. № 6. – с. 51-55.

УДК 549.25:631.4(470.13)

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах урбанизированных территорий промышленных районов европейского севера (на примере пгт Шудаяг МОГО «Ухта»)

Кряжева Е.Ю.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: определено валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в верхнем горизонте почв рекреационной территории пгт Шудаяг МОГО «Ухта»; установлено увеличение их концентраций относительно условно-фоновых показателей – уровень загрязнения соответствует категории «опасный»; санитарно-гигиенические нормативы превышены для Zn и As.

Ключевые слова: городские почвы, тяжелые металлы, санитарно-гигиенические нормативы, комплексный показатель загрязнения.

На урбанизированных территориях процессу трансформации подвергаются все компоненты природной среды, что связано с высокой степенью антропогенной нагрузки, оказываемой на них в условиях современных городских поселений. Особую тревогу вызывают явления, обусловленные концентрацией и миграцией опасных поллютантов в урбосреде, от состояния которой напрямую зависит здоровье горожан и качество их жизни. Почвы городов, в виду специфики их свойств, являются своеобразными барьерами на пути

миграции всего комплекса антропогенных загрязнителей, что делает их очень информативными объектами экологических исследований с точки зрения оценки качества городской среды в целом.

Цель данной работы заключалась в определении валового содержания тяжелых металлов и мышьяка в верхнем горизонте почв рекреационной территории пгт Шудаяг МОГО «Ухта».

Для реализации поставленной цели в августе 2018 года произведен точечный отбор почвенных образцов с территории, входящей в зону отдыха населения (сосновый бор) и непосредственно примыкающей к проезжей части основной дороги поселка. Исследовали смешанный образец верхних органогенных горизонтов (A_0), являющихся местом аккумуляции большинства поллютантов, составленный из 20 индивидуальных, отобранных почвенным буром. Обменную кислотность (pH_{KCl}) и содержание углерода органических соединений ($C_{орг}$) определяли согласно [1, 2], валовое содержание тяжелых металлов (Zn, Cd, Cu, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, V, Sr, Pb, Hg, Ba) и мышьяка (As) – в соответствии с [3, 4] в экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Полученные данные сравнили с существующими санитарно-гигиеническими нормативами [5] и условно-фоновыми показателями, установленными для участка, находящегося на расстоянии не менее 0,5 км от транспортных путей и жилой зоны поселка в том же лесном массиве, что и исследуемая территория.

Шудаяг – поселок городского типа общей площадью 3,07 км², расположенный в 5 км к юго-западу от города Ухта на левом берегу реки Ухта. Центральная часть поселка образована многоквартирной жилой застройкой с включением кварталов с индивидуальными жилыми домами, большая часть юго-западной части поселка покрыта лесным массивом [6].

Анализ экспериментальных данных показал, что верхний горизонт исследуемой почвы характеризуется более высоким (в 2 раза) значением показателя pH_{KCl} и более низким (в 3 раза) содержанием $C_{орг}$ по сравнению с почвой условно-фоновое участка, что является следствием процесса загрязнения и физической деградации почв в условиях активного антропогенного воздействия.

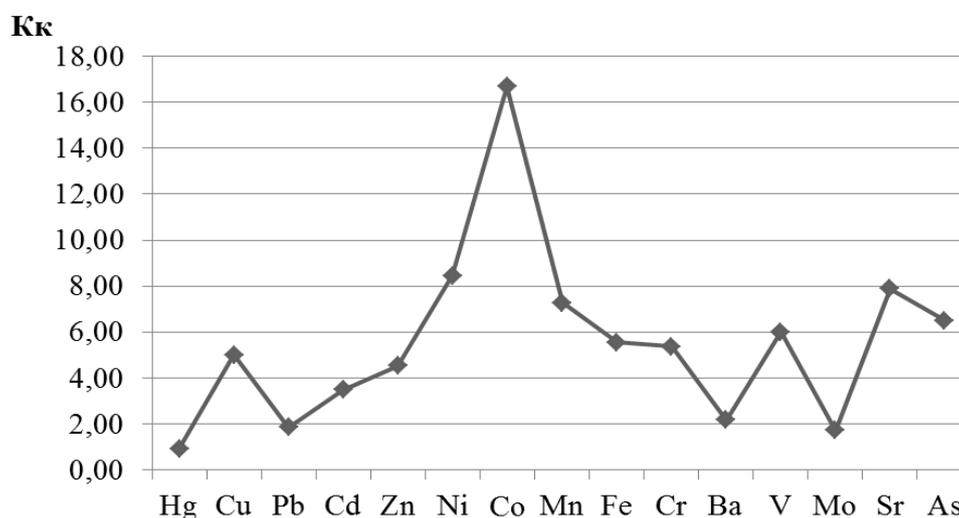


Рисунок 1 – Коэффициенты концентрации (Кк) тяжелых металлов и мышьяка в верхнем горизонте (A_0) почв рекреационной территории пгт Шудаяг МОГО «Ухта» относительно условно-фоновых показателей

Оценка валового содержания тяжелых металлов и мышьяка выявила отсутствие превышений относительно санитарно-гигиенических нормативов ОДК, установленных для почв песчаного механического состава, для Cd, Cu, Ni, Mn, V, Pb, Hg. Превышения ОДК отмечены для Zn и As в 1,15 и 1,4 раза соответственно, что может быть обусловлено как местными геохимическими особенностями, так и факторами техногенной природы. Для оценки антропогенного вклада в общий уровень загрязнения исследуемой почвы тяжелыми

металлами и мышьяком полученные данные по их содержанию сравнили с условно-фоновыми показателями, которые, в свою очередь, сопоставили с установленными нормативами фонового содержания для почв Ухтинского и Сосногорского районов Республики Коми [7]. Данный норматив установлен всего для 6 элементов (Cd, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn). Полученные нами условно-фоновые концентрации по данным металлам оказались вполне близки к нормативным, что дает основание использовать их в рамках данного исследования в качестве фона. Анализ экспериментальных данных показал, что почва, находящаяся в зоне активного антропогенного воздействия, характеризуется повышенным содержанием всех изученных поллютантов (рисунок), за исключением Hg, концентрация которой соответствует фоновой. Особенно велики коэффициенты концентрации (отношение концентрации элемента на исследуемой территории к его фоновой концентрации) для Co, Ni, Sr и Mn – их содержание выше фонового более чем в 7 раз. Значение комплексного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами и мышьяком [8] для исследуемой территории соответствует опасному уровню.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить следующее. Свойства верхних горизонтов почв, находящихся в зоне активного антропогенного воздействия, подвергаются процессу трансформации. На исследуемой территории отмечено изменение кислотности в сторону подщелачивания, снижение содержания углерода органических соединений и повышение концентраций тяжелых металлов и мышьяка относительно условно-фоновых показателей. Уровень загрязнения изученной почвы тяжелыми металлами и мышьяком соответствует опасному уровню. Установлено незначительное превышение санитарно-гигиенических нормативов по содержанию Zn и As.

Библиографический список:

1. ГОСТ 26484-85 Почвы. Метод определения обменной кислотности.
2. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества (по методу Тюрина в модификации ЦИНАО с фотометрическим окончанием).
3. ПНД Ф 16.1.:2.3:3.11-98 (ФР.1.31.2006.02149). Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.
4. ПНД Ф 16.1:2.23-2000 (ФР.1.31.2005.01686). Определение содержания ртути в почве, донных отложениях и горных породах.
5. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
6. Материалы по обоснованию генерального плана МОГО «Ухта», 2013.
7. Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах республики Коми. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми № 529 от 25.11.2009 г.
8. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276–1280.

УДК 621.565.53

Тактико-технические характеристики установки локального охлаждения рудничного воздуха льдом

Подвигин К.А.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Приведены тактико-технические характеристики установки охлаждения воздуха в локальной зоне горной выработки.

Ключевые слова: нагревающий микроклимат, локальная рабочая зона, горная выработка.

Актуальность работы: В настоящее время прогрессивное развитие горнодобывающей промышленности сопровождается увеличением глубины ведения работ, повышением энерговооруженности машин и как следствие ростом температуры воздуха на рабочих местах. Необходимость поддержания нормативных параметров микроклимата рабочей зоны послужила толчком в проектирование мощных стационарных, передвижных холодильных систем и средств кондиционирования воздуха. В работе [1, с. 217–299] авторы выполнили обширный анализ передовых систем кондиционирования рудничного воздуха при разработке глубоких горизонтов угольных шахт. Однако, следует отметить, что из-за больших затрат на приобретение, эксплуатацию и обслуживания систем кондиционирования в настоящее время их применимость на промышленных предприятиях резко сократилась. В силу сложившихся обстоятельств на сегодняшний день одним из перспективных направлений в кондиционирование является охлаждение воздуха с помощью водного льда. В связи с этим, актуальной научной задачей является разработка и обоснование тактико-технических характеристик разработанной на базе лаборатории кафедры «Охрана труда и аэрология» ГОУВПО ДОННТУ установки охлаждения рудничного воздуха, в локальной зоне горной выработки имеющей в своем арсенале, в качестве аккумулятора холода, водяной лед.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2, с. 34 – 39] автором на основе разработанной математической модели изучены процессы таяния льда в зависимости от температуры окружающего воздуха. Адекватность математической модели подтверждена результатами испытаний. Установлена прямая зависимость между массой льда и охлаждающим эффектом. В работе [3, с. 56 – 61] автором выполнено исследование процессов теплообмена, а также разработана математическая модель процессов взаимодействия воздушной струи с водо-ледяными элементами в установке для охлаждения воздуха.

Материалы и результаты исследований. В настоящее время как в угольных так и в нефтяных шахтах существуют рабочие места с ограниченной (локальной) зоной (длиной до 5 м), где микроклимат может быть нормализован с помощью относительно простых в конструктивном плане и недорогих установок с использованием водного льда или других охлаждающих элементов. В связи с этим, обоснование способа снижения температуры воздуха и обоснование тактико-технических характеристик установки охлаждения воздуха в локальных зонах горных выработок на основе различных охлаждающих элементов, обеспечивающих повышение уровня безопасности и производительности труда горнорабочих, является актуальной научно-технической задачей.

Для решения выше изложенных задач на базе лаборатории кафедры «Охрана труда и аэрология» ГОУВПО ДОННТУ, при выполнении плановой НИР Н-2019-4 «Анализ и совершенствование мероприятий по основным видам аварийной опасности шахт ДНР», разработан и испытан экспериментальный образец установки охлаждения рудничного воздуха, в локальной зоне горной выработки имеющей в своем арсенале, в качестве аккумулятора холода, водяной лед. Цель разработки установки – снижение температуры рудничного воздуха в локальных зонах горных выработок (до 5 метров) во время аварийных и аварийно-спасательных работ до установленной Правилами безопасности в угольных шахтах (согласно НПАОТ 10.0-1.01-16 не более +26 °С).

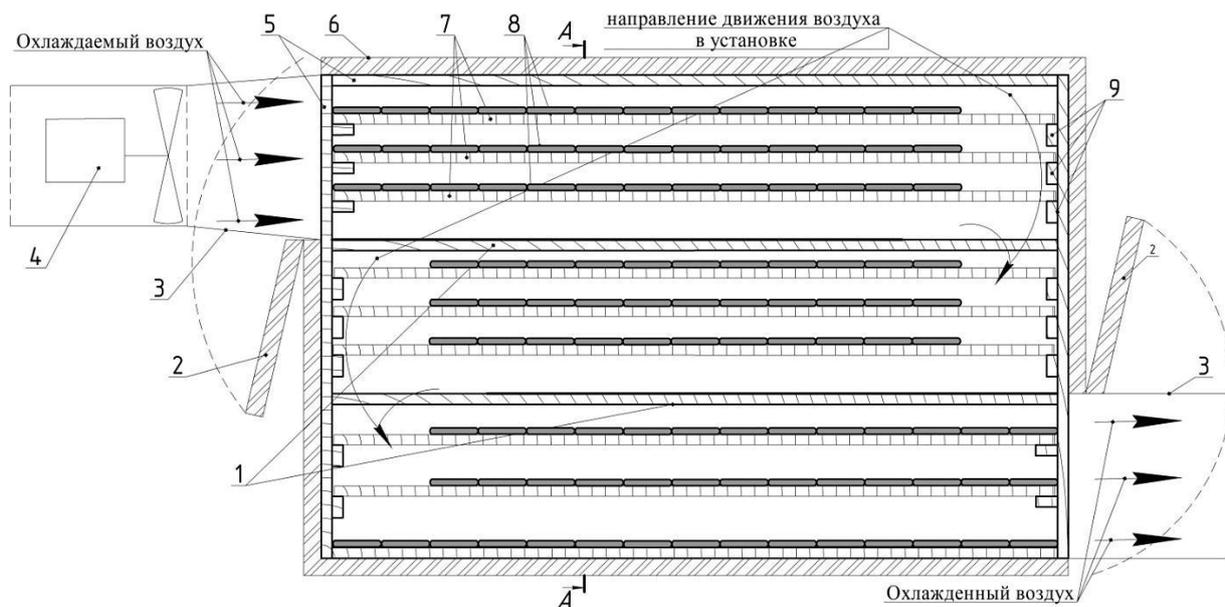
Конструкция разработанной установки – блочная. Конструкция блоков установки предусматривает как автономное применение, так и объединение в батареи или параллельную работу от одного ВМП. Состав установки и назначение ее функциональных модулей приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав установки и назначение функциональных модулей

Наименование модуля	Количество единиц	Назначение модуля
корпус трех камерный теплоизолированный	1	изоляция внутреннего объема установки от притоков тепла из вне и утечек холода наружу
решетчатая полка	8	размещение водо-ледяных элементов в камерах теплоизолированного корпуса

Наименование модуля	Количество единиц	Назначение модуля
воздухонепроницаемая перегородка	2	разделение внутреннего объема установки на теплообменные камеры и исключение утечек между ними
проем в воздухонепроницаемой перегородке	2	сообщение теплоизолированных камер для перетекания охлаждаемого воздуха
водо-ледяной элемент ОЭ-2, ОЭ-3 или охлаждающие элементы на базе рассола NaCl	450	охлаждение воздуха
вентилятор местного проветривания	1	прокачка воздуха через установку
шибер	1	регулирование скорости прокачиваемого воздуха через установку
гибкий вентиляционный трубопровод	2	соединение вентилятора местного проветривания с теплоизолированным корпусом, а так же направление исходящего с установки воздуха
быстроразъемное соединение (накидной замок для мягких труб)	1	крепление гибкого трубопровода на корпусе вентилятора местного проветривания
люк	2	герметизация внутреннего пространства установки вне рабочее время

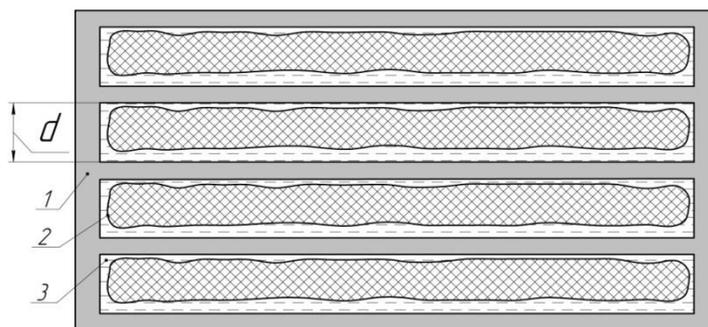
Блок установки включает в свой состав (см. рис. 1): теплоизолированный корпус, разделенный на теплообменные отсеки, выдвижные полки для размещения водо-ледяных элементов ОЭ-2 конструкции НИИГД «Респиратор» или другие охлаждающих элементов (на базе рассола NaCl и т.д.), вентилятор местного проветривания типа ВМЭ-4, гибкий вентиляционный трубопровод, приспособления для быстрого его крепления.



- 1 – воздухонепроницаемые перегородки; 2 – проем для прохода воздуха (входной и выходной); 3 – гибкий вентиляционный трубопровод; 4 – вентилятор местного проветривания; 5 – каркас установки; 6 – теплоизоляционный слой; 7 – выдвижные полки; 8 – охлаждающие элементы

Рисунок 1 - Схема установка для локального охлаждения воздуха

Во время опытно-промышленных испытаний в учебной шахте Учебно-оперативного центра Оперативного ВГСО ГВГСС МЧС ДНР в качестве охлаждающих элементов были применены водо-ледяные охлаждающие элементы ОЭ-2 (рис. 2).



1 – полиэтиленовый сварной шов; 2 – водяной лед; 3 – вода;
d – диаметр водо-ледяного элемента

Рисунок 2 - Водо-ледяной элемент ОЭ-2

Теплоизолированный корпус блока установки должен удовлетворять следующим требованиям:

- исключать утечки воздуха между отсеками и за его пределы;
- рассчитан на размещение в отсеках 450– 500 шт. аккумуляторов холода;
- предусматривать сообщение отсеков проемами для прохода воздуха (рис. 1), площадь которых одинакова;
- на входе в установку конструкцией должно быть предусмотрено регулирование скорости подачи воздуха посредством шиберов;

Выдвижные полки отвечают следующим требованиям:

- обеспечивают ориентацию потока воздуха с аккумуляторами холода;
- выдерживают нагрузку, создаваемую весом аккумуляторов холода;

Гибкий вентиляционный трубопровод необходим для соединения установки с вентилятором местного проветривания, а так же для направления (подачи) охлажденного воздуха непосредственно на рабочее место. В зависимости от типа вентилятора местного проветривания (далее ВМП) или от воздухоподающего трубопровода проложенного по горной выработке следует применять трубопровод диаметром 0,6 или 0,8 м.

ВМП может применяться как с электрическим, так и с пневматическим двигателем, должен иметь номинальную подачу от 1,5 до 4,5 м³/с.

Установка может быть применена:

- 1) в условиях локальных зон (на расстоянии до 4,5 м) горных выработок глубоких шахт (непосредственно на рабочих местах);
- 2) в технологических зонах расположения высокоэнергетических силовых агрегатов (более 100 кВт) создающих значительные техногенные тепловые потоки;
- 3) при устранении последствий аварии или инцидента (стыковка конвейерной ленты и т.д.);
- 4) при выполнении горноспасательных работ (проведению специальных поисковых выработок и т.д.).

Охлаждаемый воздух должен удовлетворять требованиям (табл. 2)

Конструкция установки обеспечивает удобство транспортирования и монтажа, эргономичность при осуществлении технического обслуживания и эксплуатации для чего предусмотрены:

- стропные устройства или конструктивные элементы (места) для захвата грузоподъемными средствами, используемыми в процессе транспортировки и монтажа.
- приспособления для транспортирования на шахтной платформе типа «П-2,5-02», или для перемещения четырьмя рабочими вручную;
- на месте эксплуатации установка может размещаться на платформе, на почве или в подвешенном состоянии.

Таблица 2 - Основные требования к охлаждаемому воздуху

№ п/п	Наименование показателей	Значение
1	температура, К	от 299,15 до 308,15
2	относительная влажность, %	до 100
3	запыленность, мг/м ³	до 100
4	барометрическое давление, МПа	от 0,097 до 0,12
5	скорость движения воздуха в локальной зоне горной выработки, м/с	от 0,2 до 1,2
6	расход воздуха через установку, м ³ /с	от 0,4 до 0,8

Выводы.

1. Разработанная установка обеспечивает высокую мобильность, малое время выхода на рабочих (стационарный) режим, широкий диапазон регулирования параметров исходящего из установки воздуха, простую и надежную конструкцию.

2. Получены технические характеристики, разработана тактика применения установки при ведении аварийно-восстановительных и горноспасательных работ.

Библиографический список:

1. Мартынов А.А., Малеев И.В, Яковенко А.К Тепловой режим глубоких угольных шахт: монография / под ред. к.т.н. Мартынова А.А.;- Донецк: Издательство «Ноулидж»(Донецкое отделение), 2014.-443 с.
2. Булгаков Ю.Ф., Математическая модель процессов теплообмена воздушной струи при контакте со льдом / Булгаков Ю.Ф., Подвигин К.А. // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2021. – № 1(58). – С. 34 – 39.
3. Подвигин К.А., Процессы теплообмена воздушной струи при контакте с нетающим льдом // «Вестник Академии гражданской защиты»: научный журнал. – Донецк: ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2020. – Вып. 4 (24). – С. 56 – 61.

УДК 614.89

Учет показателей качества спецодежды в обеспечении безопасности персонала

Поликарпова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Важную роль в жизни человека играет спецодежда. Спецодежда предохраняет человека от разного рода вредоносных условий. Эстетические и гигиенические свойства спецодежды являются немаловажными условиями для ее использования, но главная функция все же является защитной, поэтому главную роль играют показатели качества.

На рисунке 1 представлена структура рынка спецодежды и средств индивидуальной защиты.

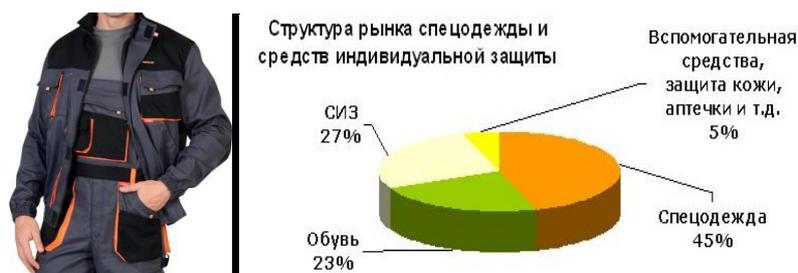


Рисунок 1 – Структура рынка спецодежды

Из рисунка видно, что наибольший процент рынка СИЗов приходится как раз на спецодежду.

Качество спецодежды учитывает свойства, характеризующие продукцию с точки зрения ее потребления, а интегральное качество, предусматривает экономичность изготовления и эксплуатации т.е. качество продукции рассматривается как совокупность ее потребительской цены [1,2].

На рисунке 2 представлены основные требования, предъявляемые к спецодежде на производстве.

Обеспечение специальной одеждой является обязательной процедурой охраны труда, основной функцией которой, как говорилось ранее, является – защитная, но кроме нее, еще не мало важными являются гигиеническая и эстетическая функции. Так, в настоящее время, стали использовать материалы, которые не соответствуют гигиеническим и эстетическим свойствам спецодежды. В ходе проведения анализа свойств спецодежды, была разработана специальная анкета для работников, по качеству носки к телу спецодежды, с целью выявления недостатков выдаваемых на предприятии СИЗ.



Рисунок 2 – Основные требования спецодежды

Пример данной анкеты представлен в таблице 1. Участие в анкетировании приняло 100 работников, занятых на производстве. Результаты анкетирования представлены в таблице 1. Свои ответы опрашиваемые сопровождали примечаниями, которые также занесены в данную таблицу.

Таблица 1 - Результаты анкетирования

№	Вопрос	Да	Нет	Не знаю	Примечания
1	Обеспеченность СИЗ работников предприятий	80%	20%		Обеспеченность СИЗ по средствам защиты рук, СИЗОД и глаз составляет 97 %. От пониженных температур, обеспеченность СИЗ составляет всего 34 %.
2	Соответствуют ли реальным условиям труда количество и количество СИЗ, которыми обеспечены работники предприятия	85%	15 %		
3	У СИЗ нет недостатков, способных причинить вред?	100%	0%		
4	Надевать и снимать СИЗ было легко и удобно, без дискомфорта?	100 %	0 %		
5	Можно ли без затруднений работать в СИЗ?	30 %	70 %		В зимнее время спецодежда не удовлетворяет данным требованиям
6	Закрывает ли СИЗ защищаемую часть тела, защищает ли при движении?	100 %	0 %		
7	Совместимо ли изделие с другими средствами индивидуальной защиты комплекта?	60 %	40 %		В зимний период года не удобно надевать монтажный пояс на спецодежду, что приводит к скованности движений
8	Соответствуют ли реальные сроки носки СИЗ предусмотренным нормам?	25 %	75 %		

На сегодня сложилась сложная ситуация в отношении сроков носки СИЗ. Установленные нормы не соответствуют срокам носки СИЗ, о чем свидетельствуют 25 % опрошенных рабочих.

Также участниками опроса было высказаны следующие пожелания:

- предоставить право выбирать СИЗ работодателю в зависимости от фактического состояния условий труда на рабочих местах;
- снизить сроки носки;
- расширить ассортимент и предусмотреть альтернативные варианты СИЗ.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что качество спецодежды требует особого внимания со стороны работодателя, а именно к качественным показателям ее защитных свойств.

Библиографический список:

1. Фаустов С.А. Проблемы рынка и качества средств индивидуальной защиты// Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. [Электронный ресурс]: - 1999. - №3. - С.28-29.
2. ГОСТ 12.4.103-83. ССБТ. Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация. [Электронный ресурс]:- М.: Изд-во стандартов, 1987. - 6 с.

УДК 622.692.4:620.197

Влияние электрохимической коррозии на безопасность промысловых нефтепроводов

Потапов Ю.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. Описаны причины возникновения электрохимической коррозии стальных промысловых нефтепроводов. Проведён анализ проблем, возникающих при проведении диагностики промысловых нефтепроводов. Рассмотрены способы защиты нефтепроводов от электрохимической коррозии.

Ключевые слова: нефтепроводы; промысловые нефтепроводы; электрохимическая коррозия; электрохимзащита; нефть.

Анализ условий безопасной эксплуатации систем сбора нефти и установок по подготовке нефти в нефтедобывающих компаниях показал, что одним из проблемных вопросов является коррозия стальных промысловых нефтепроводов.

В результате коррозии стенок нефтепроводов нефть попадает в окружающую среду, что приводит к загрязнению почв, водных объектов, территорий производственных объектов, а в случае наличия источников воспламенения возле вылившейся нефти, к пожарам и взрывам, что неизбежно влечёт за собой материальные ущербы, а зачастую и человеческие жертвы.

Основная причина коррозии металла стенок стальных нефтепроводов это воздействия на него солей и воды, находящихся в транспортируемой по трубопроводам нефти и в грунтах, в которых проложены нефтепроводы. При воздействии электрических зарядов, природа возникновения которых может быть различна, на нефть и грунт содержащие в своём составе соли и воду процессы коррозии резко интенсифицируются.

Появление электрических зарядов на нефтепроводе и в транспортируемой жидкости обусловлено тем, что при движении нефти по нефтепроводу происходит образование и накопление электрических зарядов в нефти и на технических устройствах, через которые она транспортируется, механизмы его образования и последствия его воздействия описаны в ряде научных работ [1,2].

Кроме того, при пересечении промысловыми нефтепроводами, магистральных нефте- и газопроводов, железнодорожных путей защищённых от коррозии установками электрохимзащиты, а также линий электропередач на промысловые нефтепроводы воздействуют блуждающие токи, возникающие в земле при эксплуатации указанных энергетических систем.

В 2018 году в одной из нефтедобывающих компаний, эксплуатирующей нефтяные месторождения на территории республики Коми, в период с августа по декабрь произошло три случая разгерметизации промыслового нефтепровода на участке протяжённостью около 1 километра. Данный участок был ограничен с одной стороны пересекающей его железной дорогой, с другой стороны линией электропередач напряжением 220 кВ, и примерно, по середине данного участка его пересекает магистральный нефтепровод, кроме того рядом с ним на расстоянии порядка 300 метров проходит ещё одна линия электропередач с напряжением 110 кВ. При установлении причин разгерметизации нефтепровода, было установлено, что во всех случаях произошла локальная язвенная коррозия металла, в результате чего в нефтепроводе образовались отверстия диаметром от 2 до 25 мм.

С целью выявления скрытых дефектов, данной организацией прорабатывался вопрос по осуществлению полного технического обследования нефтепровода. Но анализ существующих методов диагностирования промысловых нефтепроводов небольшого диаметра, покрытых полимерной изоляцией, и предлагаемых на рынке оказания данных услуг специализированными организациями показал, что затраты на проведение работ по полной диагностике нефтепровода на предмет наличия скрытых дефектов соизмеримы со стоимостью нового нефтепровода, в результате было принято и реализовано решение по замене проблемного участка нефтепровода, и установке локальных станций электрохимзащиты.

Анализ проектной и эксплуатационной документации показал, что установки электрохимзащиты были предусмотрены на переходах под железной дорогой и магистральным нефтепроводом, кроме того нефтепровод проектировался под транспортировку нефти с невысоким содержанием воды и соли, но в процессе эксплуатации нефтяных месторождений произошло значительное изменение состава транспортируемой жидкости. На момент возникновения разгерметизации описанного выше промыслового нефтепроводов доля солёной пластовой воды в транспортируемой нефти составляла 85-86 %, соответственно под воздействием электрического тока транспортируемый рассол интенсифицировал коррозионные процессы, происходящие на стенках данного промыслового нефтепровода.

Аналогичные происшествия уже происходили ранее, поэтому с целью предупреждения подобных ситуаций в 1983 году был разработан ГОСТ 25812-83 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии», который впоследствии в 1998 году был переработан в ГОСТ Р 51164-98 с аналогичным названием. Данный стандарт устанавливает общие требования к защите от подземной и атмосферной коррозии наружной поверхности стальных магистральных трубопроводов, транспортирующих природный газ, нефть и нефтепродукты, и отводов от них, трубопроводов компрессорных, газораспределительных, перекачивающих и насосных станций, а также нефтебаз, головных сооружений нефтегазопромыслов (включая резервуары и обсадные колонны скважин), подземных хранилищ газа, установок комплексной подготовки газа и нефти, трубопроводов теплоэлектростанций, соединенных с магистральными трубопроводами (далее - трубопроводы), подземной, подводной (с заглублением в дно), наземной (в насыпи) и надземной прокладках, а также трубопроводов на территории других аналогичных промышленных площадок. При этом он не распространяется на теплопроводы и трубопроводы, проложенные в населенных пунктах, коллекторах, зданиях, многолетнемерзлых грунтах и в водоемах без заглубления в дно [3]. В указанном стандарте сказано однозначно, что «при всех способах прокладки, кроме надземной, трубопроводы подлежат комплексной защите от коррозии защитными покрытиями и средствами электрохимической защиты, независимо от коррозионной агрессивности грунта». В 2019 году был разработан СП 424.1325800.2019, в котором были описаны особенности устройства систем электрохимической защиты на промысловых трубопроводах [4]. В вышеописанном случае промысловый нефтепровод протяжённостью более 20 километров имел внешнее защитное полимерное покрытие, но средства электрохимической защиты были применены только в двух локально ориентированных местах, что как следствие и привело к серии инцидентов.

Надо осознавать, что если на одном участке нефтепровода произошла серия происшествий связанных с внутренней коррозией стенок нефтепровода, то она может реализоваться на других участках нефтепровода, а также в конечной точке маршрута транспортируемой нефтесодержащей жидкости, что и произошло на данном нефтепроводе 2 года спустя, а также далее на установке по подготовке нефти. При этом необходимо отметить, что с момента строительства нефтепровода до времени начала образования на нём сквозной коррозии прошло около 8 лет, проектная толщина стенки нефтепровода составляла 8 миллиметров, назначенный срок эксплуатации данного нефтепровода, в соответствии с проектной документацией составляет 10 лет.

Вышеописанные события достаточно явно свидетельствуют, о том что пренебрежение средствами электрохимзащиты при строительстве и эксплуатации промысловых нефтепроводов приводит преждевременному выходу нефтепроводов из строя, а отсутствие достаточно дешевых и эффективных средств диагностики нефтепроводов приводят к существенным затратам на замену участков нефтепроводов.

Вполне вероятно, что отказ проектирования и использования средств электрохимзащиты это попытки сэкономить на стоимости строительства со стороны проектных и эксплуатирующих организаций, так как подобные способы удешевления строительства нефтепроводов достаточно часто распространены в небольших нефтедобывающих компаниях, то можно предположить, что статистические данные должны изобиловать информацией о подобных происшествиях, например в обзорах Ростехнадзора, выложенных на его сайте, но этого не происходит, возникает вопрос – почему? Ответ достаточно простой, в подавляющем большинстве случаев подобные происшествия если они не приводят к загрязнению водных источников, пожарам и несчастным случаям со смертельным исходом, классифицируются как инциденты. Это обусловлено тем, что при электрохимической коррозии первоначальные повреждения трубопровода выглядят в виде отверстий диаметром менее одного миллиметра, соответственно на первоначальном этапе через подобное отверстие выходит не большое количество нефти, сдерживаемое при этом грунтом, в котором находится нефтепровод, и при регулярных обходах нефтепроводов обходчиками достаточно быстро выявляются, но если обходы нефтепроводов производятся не регулярно либо редко, отверстие в стенке нефтепровода довольно быстро расширяется, что обусловлено наличием давления в нефтепроводе и характера язвенного поражения стенок нефтепровода, и наружу уже попадает значительное количество нефти.

Влияние электромагнитной индукции и статического электричества на безопасность промысловых нефтепроводов значительно, и данной проблеме нужно уделять пристальное внимание, особенно, на стадии проектирования объектов добычи и сбора нефти, учитывая, что внедрение установок электрохимзащиты позволит повысить безопасность производственных объектов, снизить время простоя основных фондов, избежать штрафных санкций со стороны органов государственного надзора и контроля, и обеспечить получение прибыли на запланированном уровне. Кроме того нефтедобывающие предприятия, нефтепроводы которых не оборудованы установками электрохимзащиты, должны пересматривать свой подход к данному вопросу, особенно если состав пластового флюида имеет в своём составе большое количество воды и солей, и минимальное количество нефти.

Библиографический список:

1. Власова Е.П., Кицис С.И. Исследование влияния параметров нефти и параметров трубопровода на процессы электризации нефти. // Известия вузов. Нефть и газ. – 2007. – № 4. – С. 87-93.
2. Бобровский С.А., Яковлев Е.И. Защита от статического электричества в нефтяной промышленности. – М.: Недра. 1983. – 160 с.
3. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
4. СП 424.1325800.2019. Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Производство работ по противокоррозионной защите средствами электрохимзащиты и контроль выполнения работ. Свод правил от 31.01.2019 N 424.1325800.2019.

Аннотация: В статье рассматривается вопрос определения толщины снежного покрова фотограмметрическими методами, с использованием беспилотных летательных аппаратов. Ввиду увеличения доступности аппаратно-технических и программных средств фотограмметрии возрастает востребованность исследований в данном направлении. Высокую актуальность данная задача принимает в условиях северных широт и в зоне Арктики, где снежный покров сохраняется на протяжении длительного времени и имеет значительное влияние на специфику хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: фотограмметрия, высота снежного покрова, цифровая модель, мониторинг.

Методы современной фотограмметрии и крупный технологический прорыв в использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных сферах деятельности на сегодняшний день дают возможность говорить о серьезном прорыве применения фотограмметрических технологий.

Одно из перспективных направлений, при которых актуально использование фотограмметрических методов, с применением БПЛА – определение толщины снежного покрова. Особенно актуальной данная задача является в условиях северных широт и в зоне Арктики, где снежный покров сохраняется на протяжении длительного времени и имеет значительное влияние на специфику хозяйственной деятельности.

Применение фотограмметрических методов при мониторинге и анализе снежного покрова является развивающимся направлением, основная часть исследовательских материалов посвященных данной области исследования датируется последним десятилетием, при этом заметным является развитие технологий произошедшее за этот, сравнительно небольшой, срок, и значительное повышение их доступности. Из сфер практического применения данных о высоте снежного покрова можно выделить определение снеговой нагрузки на перекрытия строений и сооружений, мониторинг проводящийся для нужд навигации, экологический мониторинг и другие. За рубежом фотограмметрические методы активно применяются для нужд определения объемов снежных масс в горных районах.

Основной методикой подсчета толщины снежного покрова при использовании фотограмметрических методов на сегодня, является сравнение моделей местности или объекта со снежным покровом и без него.

Точность пространственной привязки трёхмерных моделей построенных по облакам точек полученным путем фотограмметрической обработки снимков может достигать нескольких сантиметров в плане и по высоте. При работе с внутренним ориентированием материалов можно достичь и лучших результатов.

Особенностью БПЛА является возможность проведения съемки на низкой высоте над уровнем земной поверхности, при этом значительно увеличивается пространственное разрешение снимков, а именно возможность различать на них мелкие детали объектов. Негативной стороной снижения высоты полета является уменьшение зоны охвата одного снимка, тогда летательному аппарату для проведения съемки сопоставимых площадей приходится дольше находиться в воздухе, что вызвано увеличением числа маршрутов и как следствие для обработки будет представлен больший объем информации.

Нахождение параметра оптимальной высоты полета БПЛА, при котором будет достигнут наибольший охват территории на снимке не в ущерб качеству съемки, одна из основных задач специалиста данной отрасли. В случае проведения достаточно распространённых работ по составлению ортофотопланов территории, пространственное разрешение задается требованиями стандартов и инструкций, исходя из требуемого масштаба топографической информации [1].

Для проведения фотограмметрических работ снежный покров имеет ряд особенностей, таких как малая контурность, высокая отражающая способность, рельеф снежной поверхности. При учете названных особенностей нормирование и методика обработки съемки заснеженных участков не должно отличаться от съемки рельефа обычной земной поверхности. Рекомендации производителей оборудования, в случае использования БПЛА в зимний период, в первую очередь обращают внимание на особенности работы аккумуляторных батарей и механических узлов.

В итоге анализ источников касающихся вопроса особенностей съемки снежной поверхности показывает, что возможные отличия обработки результатов съемки не будут влиять на точность построения трехмерной модели. Следовательно, влияние высоты фотографирования и других параметров на качество построения плотного облака точек не будет отличаться от влияния этих параметров на материалы полученные в более удобный для съемки теплый период.

Возьмем во внимание тот факт, что для определения толщины снежного покрова используются две сравниваемые модели, и на итог измерения будет влиять качество каждой из них (Рисунок 1).

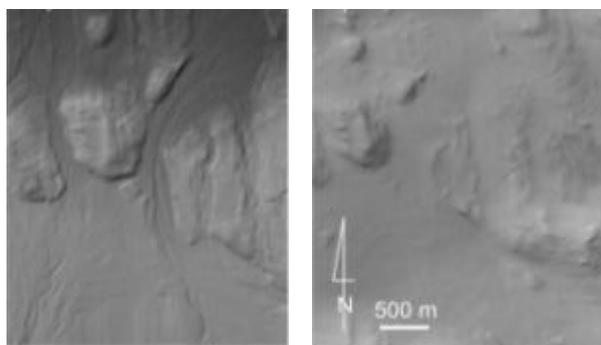


Рисунок 1 - Модели бесснежной и заснеженной поверхности

Основным параметром построения трехмерной модели с использованием распространенного программного обеспечения на который влияет высота фотографирования является, как уже было сказано, пространственное разрешение, в свою очередь пространственное разрешение используемых снимков влияет на количество точек (Рисунок 2), которое может распознать программа на единицу площади. В среднем уменьшение высоты фотографирования в двое увеличивает количество точек в 4 раза. Для мелкоконтурной снежной поверхности зависимость еще более наглядна. Например, для высоты фотографирования в 50 метров – на 1 м² приходится около 160 точек, на 100 метров – 40 точек, на 200 метров – 10 точек и т.д.

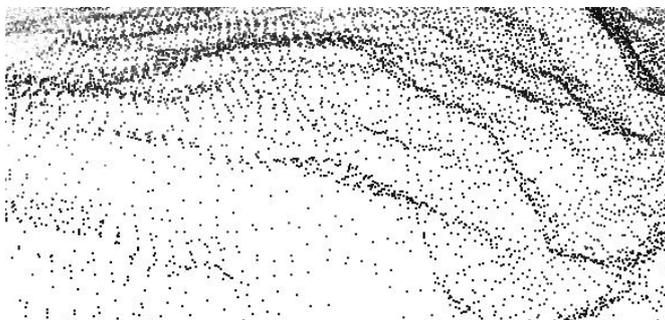


Рисунок 2 - Облако точек

В дальнейшем при построении трехмерной модели на основе сетки треугольников (TIN-модель) (Рисунок 3) мы получаем поверхность, которая описывает рельеф, при этом уменьшение количества исходных точек сглаживает форму искажая её [3].

Непосредственная достигаемая точность определения отметок точек при применении методов современной фотограмметрии при плотном облаке точек варьирует в пределах 5 см, при использовании контрольных точек. Однако это значение используется для нормирования

картографических работ. В случае исследования снежного покрова более правильно использовать корреляцию значений внутри модели, а не точность привязки модели в целом. Установлено что распределение погрешностей фотограмметрических моделей достаточно хорошо соответствует закону нормального распределения [2].

Следовательно погрешность определения высоты снежного покрова будет складываться из погрешностей используемых фотограмметрических моделей, и погрешности их привязки, при этом вполне подходит условная система высот. В случае использования достаточного количества контрольных точек и малой (50-100 метров) высоте фотографирования можно говорить о погрешностях не превышающих 10 см, при прочих благоприятных условиях.

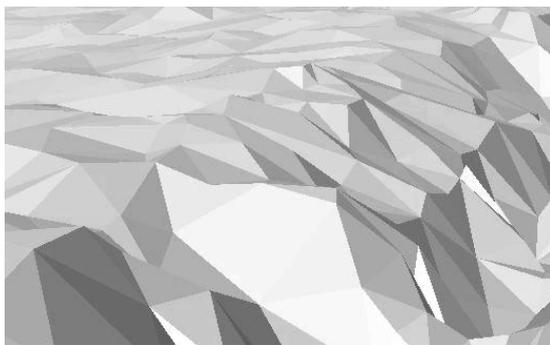


Рисунок 3 - TIN-модель

Преимущества подобного метода дистанционного зондирования снежного покрова по сравнению с точечными измерениями очевидны, однако целесообразность проведения цикла фотограмметрических работ вероятно будет оправдана только в редких случаях необходимости проведения точных измерений. Говорить о возможности упрощения процедур съемки и обработки её результатов можно после проведения дополнительных экспериментов и исследований.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 59328-2021. Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования // Федеральное агентство по техническому надзору и регулированию. – URL:<http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=3&year=2021&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=229596> (дата обращения: 17.05. 2021).
2. Гормаш, А.В. Оценка точности ЦМР по материалам аэрофотосъемки с БПЛА «Геоскан 101» / А.В. Гормаш // Геопрофи. – 2015. – №5. – С. 49-51
3. Саприн, С.В. К вопросу определения площадей цифровых поверхностей рельефа для нужд трехмерного кадастра/ С. В. Саприн // Сборник материалов II международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ : Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – С. 259-264.

УДК 621.6 : 614.8 : 519

Применение теории подобия и размерности в построении математической модели надежности насосов

Фатхуллин К.Д., Грунскоой Т.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. В статье рассматривается применение теории подобия и размерности в определении характеристик надежности эксплуатации центробежных лопастных насосов.

Ключевые слова: теория подобия и размерности, надежность, насос, математическая модель, вероятность безотказной работы.

Упоминания об искусственных сооружениях для добывания воды относятся к 3 веку до нашей эры, в этих сооружениях использовались простейшие механизмы для транспортировки воды: ворота, водоподъемные колеса, черпаковые машины [1]. В настоящее время для перекачки жидкостей используются насосы, которые различаются по принципу действия, по характеристикам, по перекачиваемой жидкости.

Использование насосов в производственных процессах позволяет организовать равномерную подачу или откачку жидкости, снизить трудозатраты. Однако, насос — это оборудование, находящееся под давлением, которое необходимо безопасно эксплуатировать.

Для повышения безопасности работников при эксплуатации технических систем и устройств работодатель применяет различные методы и способы защиты, например, организует проведение экспертиз промышленной безопасности, специальной оценки условий труда, внутреннего аудита, по результатам которых разрабатываются мероприятия, которые направлены на снижение воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов на работников, на повышение надежности эксплуатируемого оборудования. Однако методы контроля должны иметь постоянный характер, а не периодический.

В связи с выше написанным предлагаю рассмотреть в качестве средства контроля надежности насосов разработку математической модели. В данной работе в качестве объекта моделирования будет насос лопастной центробежный.

С помощью показателей надежности можно решить ряд задач, представляющих практический интерес. По заданному значению вероятности безотказной работы определяется технический ресурс или срок службы оборудования. В течение установленного времени надежность агрегата будет практически не изменой.

Общая надежность всей системы при предположении независимости отказов разных видов у элементов, составляющих её, равна

$$P_{\text{общ}} = P_k \cdot P_m \cdot P_n, \quad (1)$$

где P_k – вероятность безотказной работы системы по непрогнозируемым внезапным отказам;
 $P_m = 1$ – вероятность безотказной работы системы при постепенном изменении параметров, выход которых за допустимые границы не всегда удастся предупредить (примем за 1, будем считать, что насос самостоятельно не выходил за установленные параметры);

P_n – вероятность безотказной работы системы, обусловленная наличием элементов, отказы которых являются внезапными и могут быть предотвращены высоким качеством обслуживания.

Итак, далее необходимо рассмотреть составляющие общей надежности. Вероятность безотказной работы системы по непрогнозируемым внезапным отказам, связанным с различными нагрузками, определяется следующим образом. Нагрузка, например, вибрация определяется следующими параметрами частота колебаний, амплитуда и время, соответственно нагрузка представляет собой некоторую функцию с параметрами $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Далее необходимо учесть вероятность того, что не произойдет отказ i -го элемента в следствие нагрузки, обозначим как $p_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Учитывая выше написанное, получаем формулу для нахождения P_k [2]:

$$P_k = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (n_{\text{раз}}) \int_{-\infty}^{\infty} f(x_n) \left[\prod_{i=1}^k p_i(x_n) \right] dx_n, \quad (2)$$

Оптимальная и надежная работа насоса невозможна без учета таких факторов, как: кавитация – кавитационный запас Δh , вибрация – виброускорение a , осевая нагрузка – общая статическая нагрузка P_0 , завихрения потока – число Рейнольдса Re .

Итак, описанные выше параметры оказывают воздействие на работу насоса. Учитывая, что $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ некоторая временная функция, запишем в виде степенного комплекса [3]:

$$f(t) = C \cdot \Delta h^\alpha \cdot Re^\beta \cdot a^\gamma \cdot P_0^\delta, \quad (3)$$

где C – уравнивающий коэффициент;
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – показатели размерности величины.

Далее рассмотрим величины степенного комплекса:

$$[\Delta h] = \text{м};$$

$$[Re] = \text{безразмерная величина};$$

$$[a] = \text{м}/\text{с}^2;$$

$$[P_0] = \text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}.$$

Далее необходимо найти показатели размерности величины. Для удобства преобразуем выражение (12) в виде единиц измерения в системе СИ:

$$c^1 = \text{м}^\alpha \cdot (\text{м} \cdot \text{с}^{-2})^\gamma \cdot (\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2})^\delta$$

Из приведенного выше соотношения необходимо вывести показатели размерности величины. Получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} -2\beta - 2\delta = 1 \\ \alpha + \beta - \delta = 0 \\ \delta = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha = 1/2 \\ \beta = -1/2 \\ \delta = 0 \end{cases}.$$

При определении показателей размерности выяснилось, что показатель $\delta = 0$, соответственно суммарное статическое усилие далее в функции не учитывается. Учитывая показатели и некоторый коэффициент, получаем функцию A :

$$A = C \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{a}}. \quad (4)$$

Функция A показывает, что вероятность отказа в работе насоса по большей степени зависит от кавитации. С учетом формулы (4) P_k находится следующим образом:

$$P_k = \int_{-\infty}^{\infty} A [\prod_{i=1}^k p_i] dt, \quad (5)$$

Далее необходимо определить вероятность безотказной работы системы, обусловленная наличием элементов, отказы которых являются внезапными и могут быть предотвращены высоким качеством обслуживания P_n по формуле [4]:

$$P_n = \prod e^{-\lambda \cdot T}, \quad (6)$$

Необходимо интерпретировать формулу (15) для насоса. Представим, что все элементы насоса находятся в прямой зависимости (рисунок 1) [5].

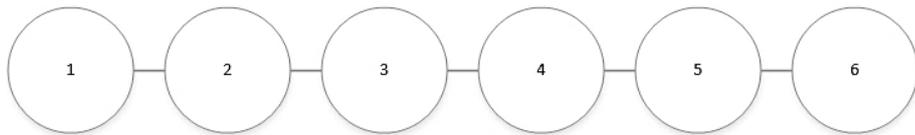


Рисунок 1 – Структурная схема надежности для центробежного насоса

Вероятность безотказной работы центробежного насоса для времени t_i составит:

$$P_n = e^{-\beta t_i}, \quad (7)$$

где

$$\beta = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6; \quad (8)$$

λ_1 – интенсивность отказа металлических рабочего колеса, 1/ч;

λ_2 – интенсивность отказа вала, 1/ч;

λ_3 – интенсивность отказа корпуса, 1/ч;

λ_4 – интенсивность отказа труб, 1/ч;

λ_5 – интенсивность отказа подшипников, 1/ч;

λ_6 – интенсивность отказа торцевых уплотнений, 1/ч;

Учитывая формулы (5) и (7), общая надежность насоса будет определена:

$$P_{\text{общ}} = e^{-\beta t_i} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} A [\prod_{i=1}^k p_i] dt, \quad (9)$$

Итак, полученная формула (9) является математической моделью, полученной с применением теоремы подобия и размерности. Данная модель позволяет спрогнозировать возникновения отказа насоса. Основной предпосылкой возникновения отказа работы насоса является кавитация. Все необходимые сведения для проведения расчетов и осуществления прогноза отказа насоса можно получить из технического паспорта исследуемого насоса и его составляющих, и журнала учета показателей насоса, который обычно ведет машинист на смене.

Библиографический список:

1. Карелин, В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции [Текст]: учебник для вузов / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – Москва, Стройиздат, 1986. – 320 с.
2. Северцев, Н.А. Теория надежности сложных систем в отработке и эксплуатации [Текст]: учебное пособие для академического бакалавриата / Н.А. Северцев. – Москва, Юрайт, 2019. – 435 с.
3. Вилков, А.Н. Курс лекций «Методология проведения научного эксперимента» [Текст]: учебное пособие / А.Н. Вилков. – Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 33 с.
4. Сотсков, Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники [Текст]: учебное пособие / Б.С. Сотсков – Москва, Высшая школа, 1970. – 270 с.
5. Соловьев, В.В., Селиванов, Д.Г. Насосы и компрессоры. Курс лекций [Текст]: учебное пособие / В.В. Соловьев, Д.Г. Селиванов. – Ухта, УГТУ, 2011. – 67 с.

СЕКЦИЯ 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 629.33:502.3

Математическая модель распространения загрязняющих веществ от автомобильного транспорта

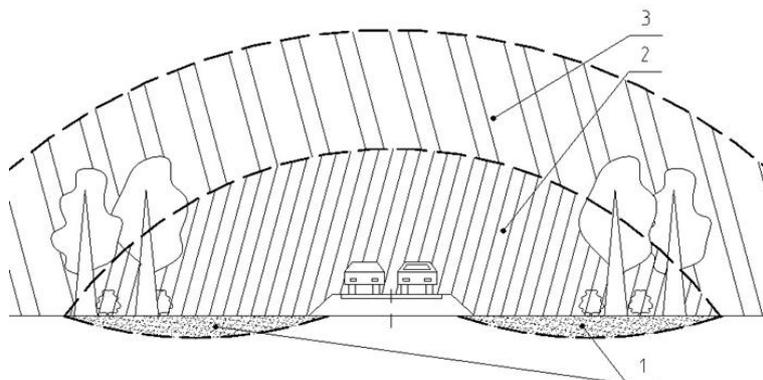
Бурмистрова О.Н., Кривошеев А.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: газопылевые смеси веществ, выбрасываемых в атмосферу автомобильным транспортом и спецтехникой, представляют огромную опасность для стабильности экологической обстановки региона прилегающего к автомобильной дороге.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, атмосфера, смеси веществ.

Распространение газопылевых смесей в атмосфере вблизи автомобильных дорог проложенных вне городов представлено схематично на рисунке 1.



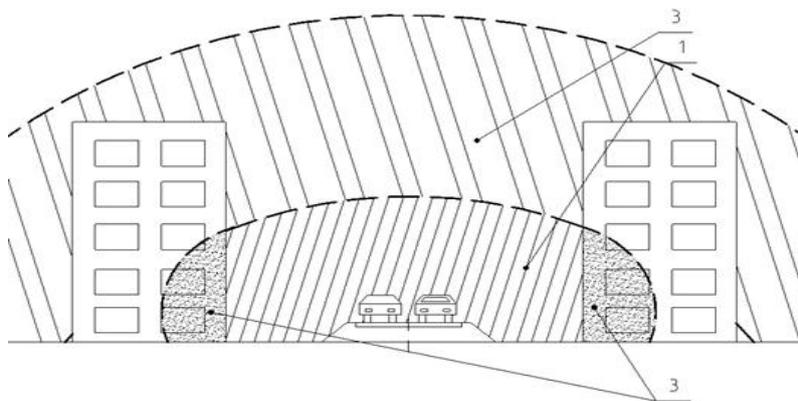
1 – зона сильного загрязнения тяжелыми элементами; 2 – зона активного загрязнения газопылевой смесью; 3 – зона атмосферного переноса

Рисунок 1 – Распространение газопылевого загрязнения вне города

Загрязнение в такой местности менее опасно из-за происходящих естественных процессов эрозии и природной фильтрации воздуха.

При обустройстве автомобильной дороги зелеными насаждениями или же при ее проложении через лесные массивы сильному загрязнению подвергается лишь 20-30-метровая зона от дороги чему способствует открытость пространства и наличие зеленых насаждений выполняющих функцию естественного фильтра.

Перенос мелких частиц здесь тоже происходит на расстояние до 200 метров, но в виду наличия естественной фильтрации ущерб менее значителен, чем в городских условиях (рисунок 2).



- 1 – зона активного загрязнения тяжелыми элементами с учетом ежедневной очистки коммунальными службами;
- 2 – зона активного переноса ветровыми потоками;
- 3 – зона опасного сильного загрязнения тяжелыми элементами

Рисунок 2 – Распространение газопылевого загрязнения в городских условиях

Для города основной проблемой становится плотность застройки, здесь сильному загрязнению подвергаются дома, находящиеся вдоль дороги, причем степень загрязнения уменьшается экспоненциально с ростом этажности. Воздушные потоки в условиях города неоднородны и способствуют переносу значительных объемов загрязняющих веществ на соседние постройки и улицы. Уровень загазованности в таких условиях стремится к превышению ПДК.

Для прогнозирования загрязнений как правило используют математические модели на основе гауссовой модели или как ее еще называют модели «Факела».

Модель «Факела» основана на предположении о непрерывно действующем точечном источнике. Перечислим основные предположения при использовании данной модели:

- метеоусловия и характеристики поверхности, определяющие распространение загрязнения, на всей области рассмотрения однородны и постоянны во времени;
- концентрация загрязняющего вещества вследствие влияния турбулентной диффузии распределяется в горизонтальном и вертикальном направлениях по гауссовскому закону с дисперсиями, зависящими от расстояния вдоль по ветру от источника и состояния устойчивости атмосферы;
- тип ландшафта – плоская ровная поверхность, с отдельно стоящими деревьями;
- выбрасываемое источниками вещество консервативно, т. е. не подвержено распаду и не вступает в химические реакции;
- на поверхности земли поглощение вещества постоянно.

При использовании гауссовой модели координатная система задается следующим образом: ось Ox направлена на восток, ось Oy – на север, а ось Oz – вертикально вверх. Для решения задачи моделирования распространения загрязнений в атмосфере вводится еще одна координатная система, в которой оси Ox' , Oy' и Oz' направлены соответственно по направлению ветра, перпендикулярно ему и вертикально вверх. Координаты в этой системе обозначаются x' , y' , z' . Пересчет координат из одной системы в другую происходит по формулам (1) – (3):

$$\sin\varphi \cos\varphi y + x = x', \quad (1)$$

$$\cos\varphi \sin \varphi y + x = y', \quad (2)$$

$$z = z', \quad (3)$$

где φ – направление ветра.

Тогда модель концентрации загрязнения C , создаваемая в точке x', y', z' постоянно действующим точечным источником мощности P , находящимся на высоте H , описывается соотношением:

$$C(x, y, z) = \frac{P}{2\pi v^H \sigma_y(x) \sigma_z(x)} * e^{\frac{-y^2}{2\sigma_y^2(x)}} * \left(e^{\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2(x)}} + e^{\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2(x)}} \right) \quad (4)$$

где x – расстояние от источника;

y – поперечное расстояние от оси шлейфа;

z – высота над поверхностью земли;

σ_y, σ_z – зависящие от δ дисперсии рассеяния загрязняющего вещества вдоль осей OY' и OZ' ;

H – высота источника; v – скорость ветра на высоте источника H [1,2,3,4].

Значения σ_y, σ_z на практике, как правило, определяются исходя из эмпирических соотношений в зависимости от состояния атмосферы. Интенсивность турбулентной диффузии, определяющая характер перемешивания и рассеяния загрязняющего вещества в пограничном слое атмосферы, зависит от вертикальной стратификации атмосферы, которая обозначается одним из шести классов устойчивости:

A – очень устойчивое состояние атмосферы с сильно развитой конвекцией;

B – неустойчивое состояние атмосферы с умеренной конвекцией;

C – слабо неустойчивое состояние атмосферы, слабая конвекция;

D – нейтральное состояние атмосферы, нейтральная стратификация;

E – устойчивое состояние атмосферы, умеренная стратификация;

F – очень устойчивое состояние атмосферы, сильная стратификация.

Проблемой в данной модели является то, что она не учитывает поглощение загрязняющего вещества окружающей средой. Под поглощением мы подразумеваем частичную переработку CO древесными насаждениями, а также оседание тяжелой взвеси в придорожной полосе с дальнейшей ее эрозией в глубь грунта.

Для учета этих характеристик введем в формулу (4) коэффициент поглощения CO зелеными насаждениями k_f [9,10,12,64,65], который для городских условий варьируется от 0,95 до 1, где значение $k_f = 1$ свидетельствует об отсутствии зеленых насаждений на территории. При проложении трассы через лесной массив коэффициент поглощения CO может составлять 0,75...0,95, где предельное значение $k_f = 0,95$ характерно для осенне-зимнего периода времени вблизи населенных пунктов. Коэффициент поглощения CO изменяется с типом насаждений и является табличным [3,4]

Помимо введения коэффициента поглощения CO, целесообразно учитывать уменьшение концентрации загрязняющего вещества в следствии эрозионных процессов (ветровая эрозия, водная эрозия). Для данных факторов целесообразно воспользоваться типовыми коэффициентами эрозии k_v .

Так при наличии только ветровой эрозии грунтов данный коэффициент находится в интервале $k_v = 0,82 \dots 0,93$. Значение данного коэффициента будет определяться силой ветра в конкретном регионе. При наличии водной эрозии значение коэффициента становится следующим $k_v = 0,67 \dots 0,87$. Причем минимальное значение данный коэффициент принимает при наличии открытых водотоков.

С учетом описанных выше коэффициентов можно скорректировать нашу модель распространения загрязняющих веществ на прилегающей к дороге территории:

$$C(x, y, z) = k_v k_f \frac{P}{2\pi v^H \sigma_y(x) \sigma_z(x)} * e^{\frac{-y^2}{2\sigma_y^2(x)}} * \left(e^{\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2(x)}} + e^{\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2(x)}} \right) \quad (5)$$

Дисперсии вычисляются следующим образом:

$$\sigma_y(\Delta x') = a(\Delta x')^b, \quad (6)$$

$$\sigma_z(\Delta x') = c(\Delta x')^d, \quad (7)$$

где $\Delta x'$ – расстояние до источника по ветру.

Предложенная математическая модель позволит определить распространение загрязняющих веществ на прилежащих к эксплуатируемой автомобильной дороге территориях. Введенные в теоретическую модель коэффициенты позволят получить более точные значения и учесть влияние ветровой эрозии на концентрацию загрязняющих веществ.

Библиографический список:

1. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий [Текст] / В. П. Подольский, В. Г. Артюхов, В. С. Турбин, А. Н. Канищев. – Воронеж: изд-во Воронежского гос. ун-та, 1999. – 261 с.
2. Справочная энциклопедия дорожника (том V) Проектирование автомобильных дорог [Текст]. Под ред. Федотова Г. А., Поспелова П. И. – М.: 2007. – 815 с.
3. Павлова Е. И., Буралев Ю. В. Экология транспорта [Текст]: Учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1998 г. – 232 с.
4. Акимова Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В. Экология. Природа - Человек – Техника [Текст]. Учебник для ВУЗов. М.: Юнити-дана, 2001. – 343 с.

УДК 630*31(470.13)

К вопросу о проблемах лесозаготовительного производства в Республике Коми

Коломинова М.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

В настоящее время на лесозаготовках в первую очередь вырубаются высококачественные древостой на близлежащих легкодоступных территориях. Однако таких древостоев становится все меньше. И на сегодняшний день лесозаготовители все чаще сталкиваются с условиями, приближенными к экстремальным, т.е. на труднодоступной территории (переувлажненной, с пересеченной поверхностью; с грунтами, имеющими низкую несущую способность).

В статье рассматривается такая важная проблема лесозаготовительной отрасли, как работа лесозаготовительных предприятий Республики Коми в так называемых экстремальных условиях.

Ключевые слова: лесозаготовительное предприятие, труднодоступные территории.

Республика Коми является одним из крупнейших лесных регионов России. Общая площадь земель лесного фонда Республики Коми составляет 36273,1 тыс. га, или 87% территории региона [1, с. 32].

В Республике Коми много лесных массивов расположено на труднодоступной территории (переувлажненной, с пересеченной поверхностью, с грунтами, имеющими низкую несущую способность). То есть лесозаготовители работают в условиях, приближенных к экстремальным. Также к экстремальным территориям относятся лесные земли, отводимые под линейные объекты: ЛЭП, нефтегазопроводы и т.п.

К экстремальным условиям относятся ситуации, при которых возрастает опасность получения травм рабочим персоналом, увеличивается нагрузка на элементы оборудования, имеются многочисленные препятствия, существенно снижена проходимость лесосечных машин, невозможно использование типовых схем разработки лесосек и др. Экстремальные условия могут создаваться стихийными бедствиями, например лесными пожарами.

Разработка пораженных пожаром лесных территорий сильно усложняет технологические процессы и не всегда в таких ситуациях удобно использовать стандартную группу машин (Харвестер + Форвардер). Использование современных, высокопроизводительных машин целесообразно в нормальных древостоях, где результаты их работ приближены к максимальным, а условия эксплуатации соответствуют техническим характеристикам.

Современные рыночные отношения также негативно влияют на лесозаготовки, что приводит к преобладанию малообъемных лесопромышленных предприятий с производительностью редко превышающей 50 тыс. м³ в год.

Распределение лесозаготовительных предприятий по годовому объему лесозаготовок приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Распределение лесозаготовительных предприятий по годовому объему лесозаготовок

Объем заготовок, тыс. м ³	Процент предприятий
До 1,0	40%
1,1-10	36%
10,1-50	17%
50,1-100	4%
100,1-200	2%
Свыше 200	1%

В таблице 1 представлены 3 группы предприятий.

1) Объем лесозаготовок составляет от 1 до 10 тыс. м³ в год. Для данного предприятия выгоднее всего использовать механизированный труд (бензопила и трелевочный трактор). Бригада способна заготовить в течение года, работая в одну смену 8-12 тыс. м³ в год. Такие предприятия обычно не берут на себя обязательства по лесовосстановлению, т.к. для них это экономически невыгодно.

2) Объем лесозаготовок составляет от 50 до 200 тыс. м³ и более в год. Данному предприятию уже просто необходимо иметь высокопроизводительную технику, включающую несколько комплексов оборудования: лесозаготовительное и лесовосстановительное.

3) Объем лесозаготовок составляет от 10 до 50 тыс. м³ в год. Предприятие с данным объемом лесозаготовки часто сталкивается с трудностями при выборе техники на начальном этапе, когда ни первый, ни второй способ обработки древесины им уже не подходит. Также в соответствии с положением об аренде участков лесного фонда такие предприятия не могут обойтись без лесовосстановительных работ, которые носят кратковременный сезонный характер.

Для данных предприятий могут быть предложены несколько вариантов организации работ с подбором рабочего оборудования:

1) За участком или бригадой закрепляется два комплекса оборудования: лесозаготовительное и лесовосстановительное. Таким образом, можно обеспечить круглогодичную занятость рабочих при условии, что рабочие владеют 2-3 специальностями. Но при данном методе постоянно простаивает один комплекс оборудования.

2) На участке есть две укомплектованные техникой бригады. Каждая из бригад специализируется на определенном виде работ, но сложность заключается в сезонном характере лесовосстановительных работ и невозможности обеспечить круглогодичную занятость.

3) Наиболее оптимальный вариант – это ситуация, когда за участком или бригадой закреплена модульная машина, к которой можно прицеплять (или навешивать) модули с технологическим оборудованием. Простоя навесного оборудования не избежать, но цена его будет минимальна при условии полной загрузки тяговых модулей. Модульная машина была выбрана на базе экскаватора с учетом его многофункциональности.

Библиографический список:

1. Чабак Е. Сокровищница Севера / Журнал «ЛесПромИнформ», №7(81), 2011. – с. 32-37.

Производство древесного угля как перспектива развития лесной отрасли Республики Коми

Король С.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: в данной статье рассмотрены перспективы создания первого в Республике Коми завода по производству древесного угля.

Ключевые слова: экология, древесный уголь, углевыжигательная установка, Республики Коми, биоэнергетика.

Максимальная эффективность и финансовая отдача предприятия – это главная цель каждой лесозаготовительной и деревообрабатывающей компании. Финансовое благосостояние предприятия напрямую связано с грамотным использованием доступных ему ресурсов. Одни компании повышают этот показатель внедрением в производство новых или дополнительных технологических мощностей, другие модернизируют и улучшают уже имеющиеся, третьи стараются придумать инновационные схемы разработки лесосеки, упростить и уменьшить затраты на трелёвку и т.д.

Но всё более популярным и выгодным с точки зрения капиталовложений становится направление биоэнергетики. Переработка отходов, образующихся в процессе заготовки и обработки древесины, их дальнейшая реализация – ключ к дополнительному источнику дохода.

Биоэнергетика – и это производство энергии из биотоплива различных видов [1]. Название данной отрасли произошло от английского слова *bioenergy*, которое давно используется как энергетический термин. Биоэнергетикой считается производство энергии как из твердых видов биотоплива (щепа, гранулы (пеллеты) из древесины, лузги, соломы и т. п., брикеты), так и биогаза, и жидкого биотоплива различного происхождения. Понятие «биоэнергетика» применяется как в электроэнергетике, так и в теплоэнергетике и совместном производстве тепла и электричества [2]. Одним из недооценённых направлений биоэнергетики в Республике Коми, на наш взгляд – это производство древесного угля (ДУ).

Древесный уголь это, в первую очередь, высокоэффективное топливо, которое получают методом сухой перегонки – пиролиза древесины под действием высокой температуры без доступа воздуха. В отличие от ископаемых углей является «чистым» топливом, без содержания вредных веществ, серы, фосфора или канцерогенов, горящим без дыма и пламени и имеющим более высокую теплоту сгорания.

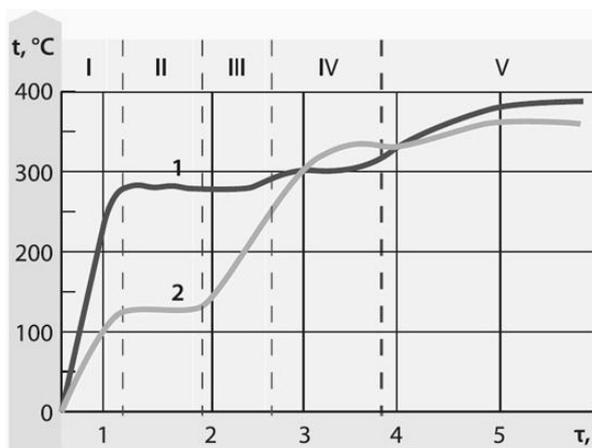
Древесный уголь дает возможность использовать его почти во всех сферах деятельности человека.

- как сырье для активных и осветляющих углей,
- в сельском хозяйстве и растениеводстве,
- в косметологии,
- в системах водоочистки,
- в пищевой промышленности,
- как восстановитель в производстве чистого кремния,
- как восстановитель в производстве ковкого чугуна,
- как реагент в химической промышленности,
- как носитель катализаторов,
- в цветной и черной металлургии,
- в фундаментах строений и полотне дорог,
- в угольно-бетонных блоках и т.д. и т.п.

При лесозаготовках и последующей деревообработке сырьё в отходы превращается до половины от заготовленной древесины [3]. Доля отходов может немного меняться, так как зависит от избранной технологии, применяемого оборудования и других факторов. Но безотходного производства в лесозаготовке и деревообработке не существует.

Образование угля под воздействием тепла – сложный процесс. Его стадии схематически показаны на рисунке (Рисунок 1).

Скорость сушки зависит от температуры теплоносителя. Но сушка – это не просто процесс удаления влаги. При сушке изменяется и структура древесины. Если сушка интенсивна (что бывает при высокой температуре теплоносителя), одновременно образуется много паров. В куске развивается давление тем большее, чем он крупнее и выше температура нагрева. Этим давлением рвет древесину. Уголь потом получится мелкий и трещиноватый [4].



1 – температура вне реторты; 2 – температура внутри реторты;
 I – период нагрева; II – период сушки; III – первая стадия пиролиза;
 IV – стадия экзотермы; V – период прокаливания угля

Рисунок 1 – Изменение температуры в процессе пиролиза

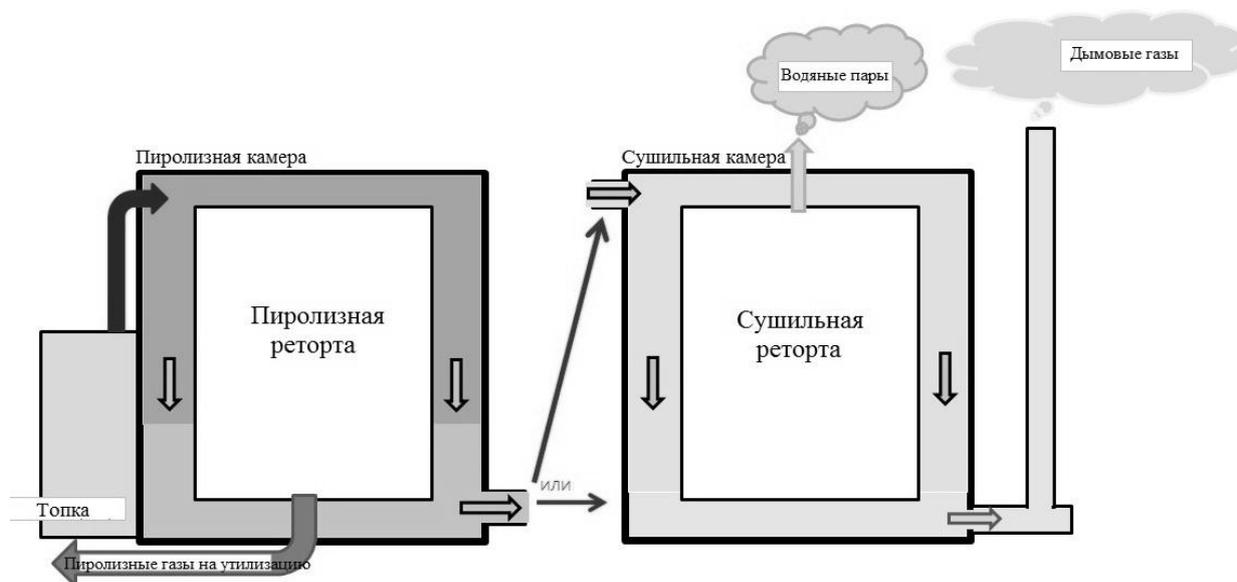


Рисунок 2 – Процессы, протекающие внутри УП

Процесс пиролиза древесины разделяют на 5 стадий:

- Первая стадия – это сушка древесины до температуры 120–180°C, за счет подвода тепла извне. Данный процесс сопровождается удалением из древесины воды и изменением ряда компонентов древесины, что существенно сказывается на последующем процессе пиролиза.
- Вторая стадия – это начало разложения древесины, которое происходит при температуре 180–200°C. На этой стадии, идущей с подводом тепла, начинает разлагаться гемицеллюлозы, затем целлюлоза и потом лигнин.
- Третья стадия – при температуре 200–290°C, процесс разложения продолжается. идет только отщепление небольших звеньев, образующих газы и легкие жидкие продукты – углекислый газ, окись углерода, уксусная кислота и ряд других веществ.

- Четвёртая стадия – это испарение и образование основного количества продуктов разложения древесины происходит при температуре 290–450°C, сопровождается бурным выделением тепла (экзотермический процесс).

- Пятая стадия – это прокаливание древесного остатка; данный процесс протекает при температуре 450–560°C, за счет дополнительного подвода тепла извне; в этот период выделяется и удаляется тяжелая смола, а также CO₂, H₂, CO и углеводороды.

В действительности указанные стадии пиролиза древесины резко не разграничиваются. Так, на стадии прокаливания угля при более высоких температурах процесс разложения продолжается [5].

На базе кафедры Технологии и транспортно-технологических машин Ухтинского государственного технического университета ведется разработка и создание первого в Республике Коми завода по производству древесного угля. Данный проект призван проанализировать, рассчитать и организовать запуск первого УВП (углевыжигательная печь) на территории Республики Коми. Заинтересовать и привлечь внимание к своему продукту районные торговые сети, а в перспективе полностью обеспечить регион древесноугольным топливом своего производства. Организация доставки угля заказчику, поставка ДУ для производства угольных фильтров и активированного угля, так же является перспективным вектором развития, также, как и производство брикетов из остатков угольной пыли. Данный проект будет направлен на увеличение эффективности работы лесопромышленных предприятий, поскольку позволит значительно увеличить рациональное использование отходов ЛПК.

Предварительный расчёт себестоимости производства товарной продукции представлен в таблице 1 (расчёт сделан на базе углевыжигательной печи с производительностью 2,6 тонн в сутки).

Таблица 1 – Калькуляция себестоимости производства товарной продукции

Статьи затрат	Ед. измерения	Сумма
Расходы на сырье	руб./год	8198400
Заработная плата производственных рабочих	руб./год	6816000
Расходы на электроэнергию	руб./год	417073,104
Расходы на фасовочные мешки	руб./год	2666676
Расходы на расходные материалы в год	руб./год	57142
Отчисления на социальные нужды 33,4%	руб./год	2276544
Амортизационные отчисления	руб./год	850407
Итого расходов	руб./год	21282242,106

Библиографический список:

1. Электронный научный архив УрФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/55328/1/tmuenin_2017_059.pdf – загл. с экрана [дата обращения: 16.05.2021].
2. Моя библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mybiblioteka.su/5-135452.html> – загл. с экрана [дата обращения: 16.05.2021].
3. Портал интеллектуального центра научной библиотеки им. Е. И. Овсянкина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.narfu.ru/rus/TRResources/ThematicBibliographies/Documents/Древесное_биотопливо_-_пеллеты.doc. – загл. с экрана [дата обращения: 16.05.2021].
4. Торговая площадка древесного угля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://charcoal.mybb.ru/viewtopic.php?id=438>. – загл. с экрана [дата обращения: 16.05.2021].
5. Учебно-методическая литература для учащихся и студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.studmed.ru/docs/document3621?view=1> – загл. с экрана [дата обращения: 16.05.2021].

Технологическое обеспечение повышения эксплуатационных свойств газотурбинных установок в нефтегазовой промышленности

Михайлов Д.А.

Донецкая академия гражданской защиты, г. Донецк

Филиппова О.В., Пичко Н.С., Михайлов А.Н.

Филиал Ухтинского государственного технического университета, г. Усинск

Аннотация. В работе разработаны технологические методы повышения эксплуатационных свойств газотурбинных установок нефтегазовой промышленности. Предложено выполнять повышение их свойств на базе обеспечения функционально-ориентированных свойств. Выполнена практическая реализация обеспечения их функционально-ориентированных свойств на базе вакуумных ионно-плазменных покрытий.

Ключевые слова: газотурбинная установка, технология, функционально-ориентированные свойства, эксплуатационные свойства, ресурс.

В настоящее время в нефтегазовой промышленности в обособленных районах Севера широко используются газотурбинные установки (ГТУ) [1, 2, 3] для решения различных производственных проблем, в том числе обеспечения добычи и транспортирования полезных ископаемых, получения электрической энергии и решения других технологических проблем. Сферы использования ГТУ и создаваемого на их базе технологических систем весьма обширны и разнообразны. Вместе с тем, можно заметить, что ГТУ представляет собой сложную систему [4, 5], состоящую из большого количества деталей, групп лопаток (компрессор, турбина, свободная турбина), узлов и подсистем. При этом эти составляющие элементы ГТУ работают в различных эксплуатационных условиях, испытывают различные эксплуатационные функции и имеют различные параметры износа составляющих. Это приводит к снижению технико-экономических параметров ГТУ и неполному использованию ее эксплуатационного потенциала [6].

Для решения этих проблем, в представленной работе предложено обеспечивать эксплуатационные свойства элементов и подсистем ГТУ на базе формирования функционально-ориентированных свойств (ФОС) ее элементов [7].

ФОС структуры ГТУ это специальные технические (физико-механические, геометрические) свойства ее элементов, которые реализуются на базе группы особых принципов ориентации заданных, требуемых или предельных свойств [8, 9, 10] в соответствии с особенностями действия эксплуатационных воздействий. ФОС предназначены для компенсации действия неравномерных эксплуатационных функций, возникающих при работе ГТУ. Можно отметить, что в целом ФОС элементов ГТУ обеспечивают следующее: создают равный, кратный или функционально-зависимый ресурс всех элементов структуры; повышают эксплуатационные параметры и потенциал структуры; обеспечивают возможность управления эксплуатационными свойствами элементов при реализации заданного технологического обеспечения; повышают ремонтпригодность, восстанавливаемость деталей и тому подобные параметры.

На рис. 1 представлена системная гипотетическая модель обеспечения заданных, требуемых или предельных эксплуатационных и технических свойств структуре ГТУ. Здесь показано следующее: V – вход в систему, W – выход из системы, $ЭВ \neq const$ – переменные эксплуатационные воздействия. Можно отметить, что в условиях действия неравномерных эксплуатационных воздействий на структурные элементы ГТУ за счет ФОС можно обеспечивать на выходе из системы необходимые эксплуатационные и технические свойства, представляемые множеством выходов $W = \{W_1, W_2, W_3, \dots, W_z\}$.

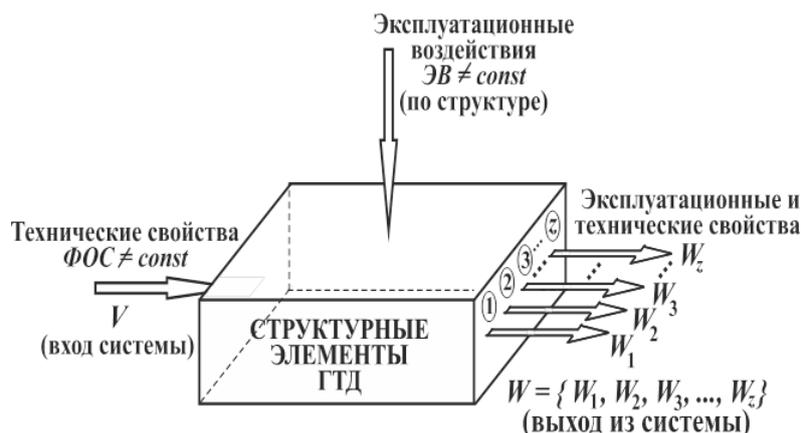


Рисунок 1 - Системная гипотетическая модель обеспечения эксплуатационных и технических свойств структуре ГТД на базе ФОС в условиях действия неравномерных эксплуатационных воздействий

Для формирования ФОС структуре ГТУ необходимо реализовывать систему связей. На рис. 2 представлена схема связей между составляющими системы формирования ФОС структурных элементов ГТУ. Здесь, показаны следующие составляющие (этапы синтеза): 1 – эксплуатационные функции (свойства) F ; 2 - технические (физико-механические) свойства C , в том числе ФОС; 3 - производственные (технологические) свойства T ; 4 – структурные элементы системы ГТД. Буквами $\varphi_i^j, \chi_i^j, \gamma_i^j, \xi_i^j, \lambda_i^j$ - обозначены прямые и $\varphi_j^i, \chi_j^i, \gamma_j^i, \xi_j^i, \lambda_j^i$ - обратные связи между соответствующими составляющими схемы рис. 2. На базе представленной схемы связей (рис. 2) выполняется обеспечение ФОС на элементы структуры ГТУ.

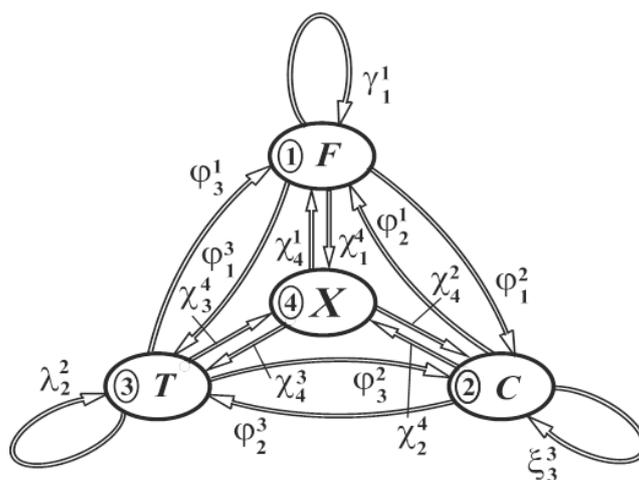


Рисунок 2 - Схема связей в системе формирования ФОС структурных элементов ГТУ

Однако следует иметь в виду, что технологический процесс обеспечения ФОС структуре ГТУ должен выполняться на базе группы особых принципов ориентации свойств (C) и технологических воздействий (T) в зависимости от действия эксплуатационных функций (F) [7]. В качестве примера, на рис. 3 представлена схема реализации одного из этих принципов, а именно - принципа функциональной ориентации эксплуатационных функций F , свойств C (ФОС) и технологических воздействий T .

В представленной работе разработана конкретная структура комплексного многосвязного технологического процесса обеспечения ФОС рабочих лопаток компрессора ГТУ на базе реализации многослойного функционально-ориентированного покрытия (ФОП) [2, 3]. Каждый слой ФОП имеет пространственный контур границ (ПКГ) и выполняется с использованием нитрид титанового покрытия с помощью специальной вакуумной ионно-плазменной установки [9, 10]

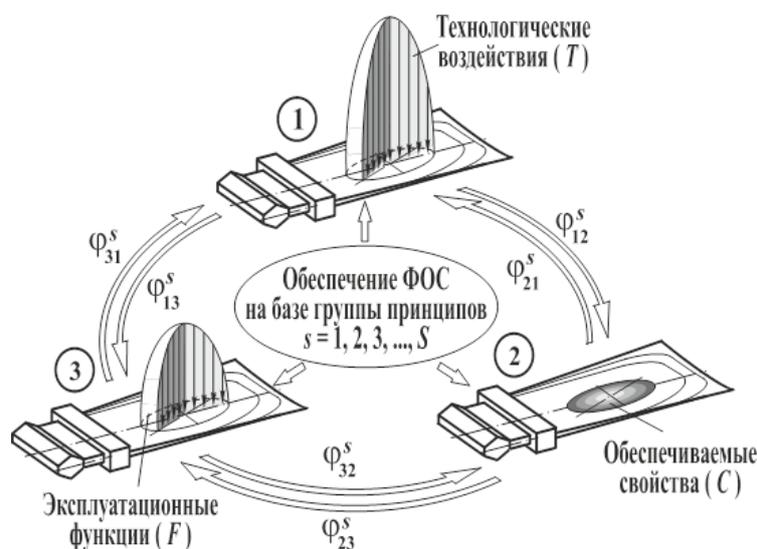


Рисунок 3 - Схема реализации принципа функциональной ориентации эксплуатационных функций F , свойств C (ФОС) и технологических воздействий T

На рис. 4 показана схема синтеза многослойного ФОП рабочей лопатки компрессора ГТУ состоящего из n слоев с ПКГ. Здесь показано, что процесс реализации ФОП выполняется на базе операции композиции \otimes множества слоев покрытия с ПКГ каждого [9].

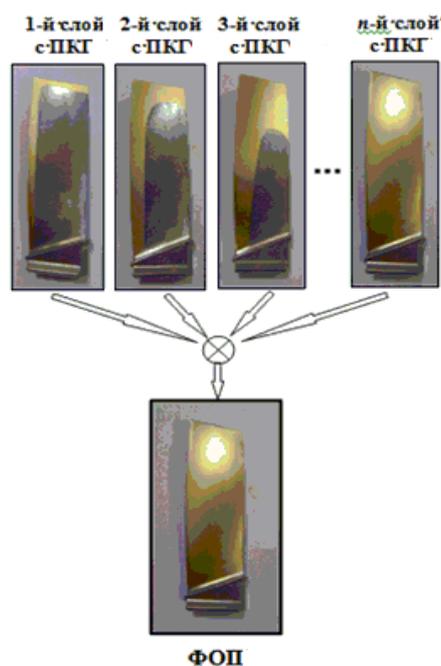


Рисунок 4 - Схема синтеза много-слойного ФОП рабочей лопатки компрессора ГТУ

В заключении можно отметить, что выполненные исследования, представленные в работах [2, 3, 9] показали, что ресурс лопаток компрессора может быть повышен 2,5 ... 3 раза по сравнению с базовым вариантом лопаток. ФОП позволяют осуществлять компенсацию возникающих неравномерных эксплуатационных функций и обеспечивать качественно новые эксплуатационные свойства ГТУ.

Библиографический список:

1. Корж, В. В. Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций: учеб. пособие [Текст] / В. В. Корж, А. В. Сальников. – Ухта: УГТУ, 2010. – 184 с.
2. Михайлов, А. Н. Методика направленного поиска рациональных структурных вариантов процессов обработки лопаток ГТУ с учетом технологических связей / А. Н. Михайлов, А. П. Пичко, Д. А. Михайлов и [др.] // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов

XXVI международной научно-технической конференции в г. Севастополе 23-29 сентября 2019 г. – Донецк: ДонНТУ, 2019. С. 311-317.

3. 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.

4. Полетаев В. А. Технология автоматизированного производства лопаток газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

5. Демин, Ф. И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей / Ф. И. Демин, Н. Д. Проничев, И. Л. Шитарев. – М.: Машиностроение, 2002. – 328 с.

6. Михайлов, Д. А. Основные особенности эксплуатации лопаток компрессора ГТД и классификация их эксплуатационных функций / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2015. - Вып. 4 (50). - С. 126 - 131.

7. Михайлов, А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

8. Михайлов, А. Н. Структурный синтез комплексного многосвязного технологического процесса обработки лопаток компрессора газотурбинных двигателей с функционально-ориентированными покрытиями / А. Н. Михайлов, Д. А. Михайлов, Е. А. Шейко, В. А. Михайлов // Научно-технические технологии в машиностроении. – Брянск: БГТУ, 2020. - № 1 (103). – С. 40-48.

9. 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. 42 - 56.

10. 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.

УДК 629.365:658.788.5(470.1/.2)

Транспортные средства повышенной проходимости для решения логистических задач по доставке малых грузов в условиях Европейского Севера

Свойкин В.Ф., Свойкин Ф.В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
г. Сыктывкар*

Аннотация. В статье рассмотрены транспортные средства повышенной проходимости, которые могут применяться при решении логистических задач по доставке логистических задач по доставке малых грузов в условиях Европейского Севера, приведена классификация таких решений, указаны технические характеристики, приведено сравнение мотовездехода и снегоболотохода.

Ключевые слова: Транспортные средства повышенной проходимости, мотовездеход, снегоболотоход, логистика, малые грузы, Европейский Север.

Транспортные средства повышенной проходимости (ТСПП) традиционно эксплуатируются для Европейского Севера ввиду разнообразных природно-производственных условий энергетиками, спасателями (МЧС РФ), геологами, изыскателями, газовиками, нефтяниками, а также лесниками, охотниками, рыбаками и лесозаготовителями [1, с. 92; 2, с. 172].

В РФ известны такие основные типы ТСПП, как: малые универсальные машины, квадроциклы, снегоболотоходы, малые универсальные трактора.

Основной транспортной единицей для решения логистических задач в вариативных условиях Европейского Севера традиционно являются снегоболотоходы, например, снегоболотоход СБХ-5 8×8 «Аркуда» (рис. 1) – полноприводное шасси типа 8×8, предназначенное для перевозки пассажиров и груза до 500 кг, во всех климатических зонах, по неудобным для традиционных ТС грунтам, заболоченным участкам, сыпучим пескам, снежной целине, тундре – без повреждения растительного покрова.

Технические характеристики снегоболотохода СБХ-5 8×8 «Аркуда» представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Снегоболотоход СБХ-5 8×8 «Аркуда»

Таблица 1 – Технические характеристики снегоболотохода СБХ-5 8×8 «Аркуда»

Колесная формула	8 x 8
Снаряженная масса, кг	2000
Грузоподъемность, кг	500
Длина, не более, мм	5200
Ширина, не более, мм	2260
Высота, не более, мм	2280
База, мм	3000
Колея, до мм	1700
Дорожный просвет, не менее мм	450
Количество мест пассажиров	6
Номинальная мощность кВт (л.с.) при 4800 об/мин	55 (75)
Запас хода, до км	1000

В тоже время, для решения некоторых задач по логистике в условиях Европейского севера могут применяться СБХ с иными колесными формулами, например специализированное транспортное средство – снегоболотоход «Бархан» (рис. 2). Стоит отметить невысокую стоимость данного СБХ (по сравнению с импортными аналогами) ввиду производства на ЗиД (Завод имени В.А. Дегтярева) Владимирская область г. Ковров.

В настоящее время данные СБХ «Бархан» в основном используются жителями отдаленных деревень для решения повседневных задач в условиях отсутствия развитой дорожной сети.

Стоит отметить, что проходимость такой техники может быть увеличена за счет использования грунтозацепных лент и цепей (которые активно применяются в лесозаготовительной промышленности для снижения давления на грунт и повышения проходимости лесозаготовительной и лесовозной техники).

Учитывая формирующийся конкурентный рынок вездеходов в РФ, сравнение снегоболотохода «Бархан» мотовездехода «Атаман TRIKE» сведены в табл. 2.

Из таблицы 2 следует, что данные вездеходы обладают схожими характеристиками для решения логистических задач и грузоподъемностью, позволяющей перевозить полезную нагрузку массой 100-200 кг (персонал, запасные части, продукты питания и т.д.), т.е. решать логистические задачи в условиях Европейского Севера.



Рисунок 2 – Снегоболотоход «Бархан»

Таблица 2 – Сравнение мотовездеход «Атаман TRIKE» и Снегоболотоход «Бархан»

Характеристики	Мотовездеход «Атаман TRIKE»	Снегоболотоход «Бархан»
Скорость, км/ч	60	40
Грузоподъемность, кг	180	270
Количество человек	2	2
Объем двигателя, см ³	150	200
Масса, кг	110	330
Дорожный просвет, мм	170	340
Тип двигателя	четырёхтактный	четырёхтактный
Расход топлива	не более 2.5 л/ч	не более 4 л/ч

Также на рынке традиционно представлены и могут использоваться в условиях Европейского Севера:

- Вездеходы снегоболотоходы СВБ на пневматических шинах низкого давления (выпускаются в городе Вологда), обладают невысокой стоимостью, повышенной проходимостью и являются на данный момент незаменимым и простым в обслуживании автомобилем вездеходом для охоты и рыбалки (имеется модификация вездехода СВБ-3 «Вепрь» выпускается на шестикатковых гусеницах, также есть возможность производства вездеходов СВБ в варианте с «ломающейся» сочлененной рамой.

- Снегоболотоходы «Викинг». Это гусеничный вездеход амфибия размером чуть больше квадроцикла, производится в России. Является аналогом известной канадской амфибии – «АРГО» («Арго»). Принципиально, возможности и проходимость схожая с «Арго». Однако конструктивно отличается «Викинг» от «Арго» серьезно. Пространственная металлическая рама, которая держит корпус. Аналогично как у «Арго», однако в механике есть отличия. Принципиально снегоболотоход гусеничный, а не колесный как «Арго», и имеет подвеску. Также абсолютно иначе, чем в «Арго» организован и привод на гусеницы. Без использования цепей. Только две полуоси и два приводных катка, которые приводят в движение гусеницу, КПП 4х ступенчатая. Двигатель находится в задней части.

- Внедорожные транспортные средства, например снегоболотоход МАРШ-1.

Для подобных вездеходов производятся прицепы, обладающий грузоподъемностью 300 кг. Например, двухколесный прицеп ТРЭКОЛ-8901 (рис. 3) на шинах низкого давления применяется для транспортировки различных грузов в сложных дорожных условиях, на грунтовых дорогах, на покрытиях с низкой несущей поверхностью, таких как: снежный покров, песчаная почва, грунты растаявшей тундры и болотистая местность, небольшие водные преграды. Плавающие свойства прицепа возможны за счет водоизмещающих свойств колес. Тягачами для транспортировки прицепа выступают все модели вездеходов ТРЭКОЛ.

Технические характеристики двухколесного прицепа ТРЭКОЛ-8901 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики двухколесного прицепа ТРЭКОЛ-8901

Модель	ТРЭКОЛ-8901 прицеп
Грузоподъемность, кг	300
Габаритные размеры, мм	3650×2540×2430
Собственная масса прицепа, кг	450
Максимальная скорость движения, км/ч	50



Рисунок 3 – ТРЭКОЛ 8901-прицеп

Для решения логистических задач в условиях европейского Севера могут применяться:

- Снегоболотоходы с колесным оборудованием с разной колесной формулой (СБХ-5 8×8 «Аркуда», «Бархан», «Атаман TRIKE» и т.д.);
- Вездеходы снегоболотоходы с колесным оборудованием СВБ на пневматических шинах низкого давления (в т.ч. СВБ-3 «Вепрь» и т.д.);
- Снегоболотоходы с гусеничным двигателем («Викинг», «Арго» и т.д.);
- Внедорожные транспортные средства (МАРШ-1 и т.д.).
- Прицепы на шинах низкого давления (ТРЭКОЛ-8901 и т.д.)

Библиографический список:

1. Обоснование целесообразности организации в Республике Коми производства мобильных средств малой механизации и инструментов для лесной отрасли: отчет по НИР государственному контракту от 29.09.2016 № 0107200002716001516 / Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СЛИ); рук. Свойкин В.Ф.; исполнители Г. Г. Романов, Н. В. Белозёрова, В. С. Акишин [и др.]. - Сыктывкар, 2016. – 250 с.
2. Шмычков Д.Ю., Чумак В.А. Разработка многоцелевого транспортного средства на базе шасси повышенной проходимости для обслуживания месторождений ООО "ГАЗПРОМНЕФТЬ-ХАНТОС". В сборнике: Развитие промышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. Сборник научных трудов региональной научно-технической конференции. Под ред. В. А. Чумака; Мин-во образования и науки Рос. Федер., ФГБОУ ВПО «Югор. гос. ун-т», Политехнический ин-т, каф. «Автомобильный транспорт». 2015. С. 171-177.

СЕКЦИЯ 5. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 693.542.4+691.115

Монолитный бетон с древесным наполнителем

Веряскина Е.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация. Благодаря крупнопористой структуре опилкобетон обладает высокой теплоизоляцией, способностью поддерживать осушающий режим в помещениях, поскольку на его поверхности не конденсируется и не сорбируется влага, а по своим строительным, экономическим и эксплуатационным показателям сопоставим с легким бетоном. Но для использования бетона с древесным наполнителем в монолитном строительстве требуется повышение строительно-эксплуатационных, технологических и прочностных показателей. Комплексное применение химических и минеральных добавок позволяет повысить структурную прочность бетона с древесным наполнителем, обеспечить получение стабильной, не расслаиваемой, удобоукладываемой бетонной смеси.

Ключевые слова: монолитное строительство, опилкобетон, прочность при сжатии, плотность, коэффициент конструктивного качества.

Бетон, содержащий древесный наполнитель, вызывает массу неоднозначных споров. С одной стороны на его производство идут дешевые древесные отходы – значит должно быть выгодно его использование. Он имеет повышенную прочность при изгибе, хорошо поглощает звук, является слабогорючим (Г1) и трудновоспламеняемым (В1), имеет малый вес (весит в 3 раза меньше чем кирпич), не гниет, обладает хорошей воздухопроницаемостью, с ним удобно работать. С другой стороны морозостойкость бетона с древесным наполнителем составляет всего 25-50 циклов. Из-за гигроскопичности древесины и высокого показателя водопоглощения (до 80%) со временем эксплуатационные характеристики бетона существенно снижаются, хотя это можно исправить оштукатуривая стены и добавляя сульфат алюминия в раствор, что позволит значительно снизить интенсивность разбухания материала. Блоки, изготовленные из данного бетона имеют значительные отклонения по габаритам (до 1,5 см), и в процессе кладки приходится наращивать толщину швов до 30 мм, что приводит к формированию мостиков холода и происходит промерзание по швам [1].

Для приготовления таких бетонов в качестве органических заполнителей применяют отходы деревообработки, преимущественно хвойных (ель, сосна, пихта) и твердолиственных (береза, осина, бук, тополь) пород, и отходы льнопереработки – костра льна. Наиболее распространенным является древесный наполнитель: древесная дроблёнка, древесные опилки со стружкой (соотношение 1:1 или 1:2), стружка, щепа, опилки со стружкой и щепой (соотношение 1:1:1) [1]. Если бетон, выполнен на основе щепы определенного размера, то он обладает повышенной деформацией и легче разрушается, чем материал на основе смеси или стеблей и щепы. Процесс подготовки древесного наполнителя достаточно трудоемкий и затратный. Но, так как, опилки, щепа, стружка являются отходом производства, то по стоимости бетон на таком наполнителе выходит значительно дешевле легкого. Если сравнивать арболит (бетон на щепе) с опилкобетоном и стружкобетоном, то первый из-за более трудоемкой подготовки наполнителя будет дороже.

Технологические свойства материала с содержанием древесного наполнителя, в первую очередь, зависят от химических добавок. Применять их следует обязательно. К химически добавкам, ускоряющим процесс твердения цемента, относят: хлористый кальций; хлористый алюминий; хлористое железо; сульфат натрия; сода; жидкое стекло; соляная кислота; хлористый магний; хлористый барий; хлористый бериллий. Из эффективных добавок, выступающих в качестве пластификатора известны: СМ-1, СМ-2, ГП-1, С-3, Реламикс. Химические добавки можно применять как отдельно, так и в сочетаниях: хлористый кальций и сернистый алюминий (1:1), растворимое стекло и известь гашеная (1:1). Соли хромовой кислоты в сочетании с нитрит-нитратом хлорида кальция (в количестве 4-5% от массы цемента) позволяют ускорить процесс твердения и увеличить прочность бетона на 57%. При изготовлении бетона общее количество добавок может достигать 2-4% от веса цемента.

Подготовка наполнителя заключается в нейтрализации сахаров путем вылеживания или вымачивания в известковом молоке. Применение добавок позволяют любой наполнитель использовать практически без предварительной выдержки, так как благодаря им, имеющиеся сахара нейтрализуются и качество изделия улучшается.

Интерес к технологии монолитного арболито-, опилко- и стружкобетона в последнее время обусловлен возможностью строительства конструктивных элементов нестандартной геометрии и отсутствием температурных мостов холода. Среди других плюсов монолита внимания заслуживают: экологичность, гигиеничность, надёжность, износостойкость, высокая теплоизолирующая способность в сочетании с отличной звукоизоляцией; безопасность.

Но при монолитном строительстве необходимо брать во внимание и то, что лить арболит и опилкобетон, стружкобетон не удастся; требуемую прочность без прессования достичь сложно; уплотнения смеси при использовании погружного вибратора не происходит; часто наблюдается расслоение смеси; сохнет бетон в опалубке очень

медленно. То есть для использования бетона с древесным наполнителем в монолитном строительстве требуется повышение следующих показателей: строительно-эксплуатационных, технологических, прочностных.

Повысить структурную прочность бетона с древесным наполнителем можно путем введения химических добавок, с помощью модификации цементного камня использованием разного рода латексов, поливинилацетатной дисперсии, имеющих широкое применение в строительстве в последнее время. Добавки не только повысят прочность материала, но и сделают его максимально гидрофобным. Само собой разумеется, что это отличный способ повысить долговечность бетона.

Целью эксперимента было получение стабильной, не расслаиваемой, подвижной бетонной смеси на основе цемента и древесного наполнителя, имеющего повышенную прочность. Программа эксперимента заключалась в определении физико-механических характеристик бетона и бетонной смеси.

Для определения прочности были отформованы образцы кубы размерами 100x100x100 мм и балочки размером 100x100x240 мм из опилкобетона при объемном соотношении цемент:опилки (Ц:О) – 1:1, водоцементное отношение (В/Ц) в зависимости от состава варьировало от 1,1 до 1,3. Марка по осадке конуса ПЗ, что соответствует осадке стандартного конуса в 12 см. Требуемая осадка конуса принята из условия возможности формирования вертикальных конструкций. Процент введения химических и минеральных добавок в экспериментальных составах принят: 1 – контрольный состав (бездобавочный), 2 – С-3 1%, 3 – С-3 1%, 4 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, 5 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, известь 2% и С-3 1%, 6 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, известь 2% и С-3 1%, 7 – CaCl₂ 2%, NH₄Cl 2%, 8 - CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, известь 2%, известковая мука 2% и С-3 1%, 9 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2% и С-3 1%, 10 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, известь 2%, С-3 1% и латекс 20%, 11 – CaCl₂ 2%, FeCl₃ 2%, С-3 1% и латекс 20%, 12 – FeCl₃ 2%, С-3 1% и латекс 20%, 13 – CaCl₂ 2%, известковая мука 2%, С-3 1% и латекс 20%, 14 – CaCl₂ 2%, известь 2%, известковая мука 2%, С-3 1% и латекс 20%.

Средняя плотность образцов по результат испытаний варьировала от 1000 кг/м³ до 1200 кг/м³. Первый состав являлся контрольным. Он содержал в себе необработанные опилки, цемент, воду, и не содержал химических и минеральных добавок. Результаты испытания образцов на прочность представлены на диаграммах (рис.1, 2).

Исключить расслоение бетонной смеси стало возможным за счет применений пластификатора, опилок смешанной фракции, введение в состав известняковой муки.

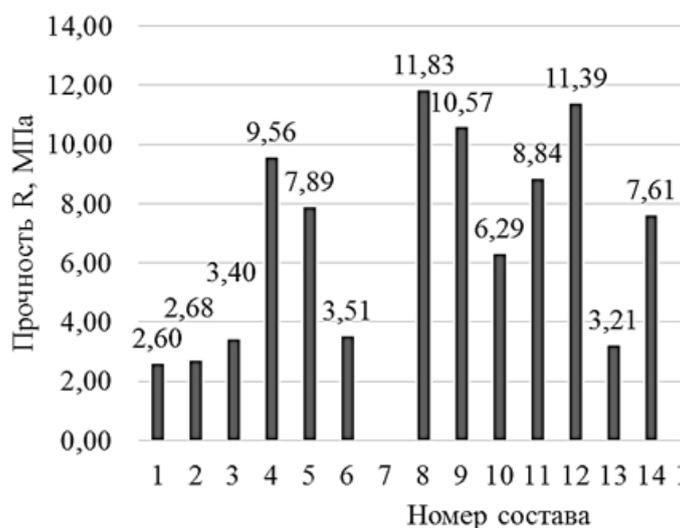


Рисунок 1 - Прочность бетона при сжатии

Оценивая результаты испытаний, можно сделать вывод, что наиболее прочные составы получаются при применении опилок, обработанных известью, хлорным кальцием, хлорным железом. Хлористый кальций, в данном случае, выступает в роли ускорителя схватывания и твердения цементного раствора. Он очень чувствительный к составу цемента и его пропорцию нужно подбирать для каждого из цементов только опытным путем. Но

хлористый кальций сильно поглощает влагу из воздуха и поддерживает постоянную влажность бетона. Хлорид железа, в сравнении с хлористым кальцием не обладает сильной гигроскопичностью и на поверхности бетона не образует выцветов, и не ухудшает химическую стойкость опилкобетона. Ведение сухой извести и известняковой муки наиболее положительно сказывается на предельной прочности на сжатие образцов. Известь и известковое молоко нейтрализуют действие сахаров. А вот вымачивание опилок в известковом молоке незначительно влияет на прочностные показатели бетона.

Известняковая мука позволяет исключить расслоение опилкобетонной смеси, а латекс позволяет, первым делом, решить проблему усушки и нейтрализует действие сахаров за счет создания оболочки на поверхности древесного заполнителя. Сравнивая прочность бетона без высокомолекулярных соединений в составе (рис.3), с составами, содержащими эти соединения, наглядно видно, что введение латекса все же снижает прочность бетона при сжатии. Максимальная же прочность опилкобетона наблюдается при комплексном применении добавок.

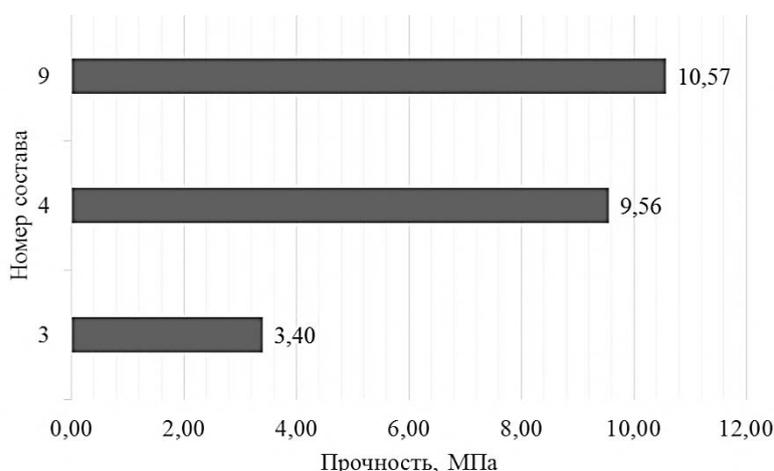


Рисунок 2 - Влияние химических добавок на прочность бетона при сжатии

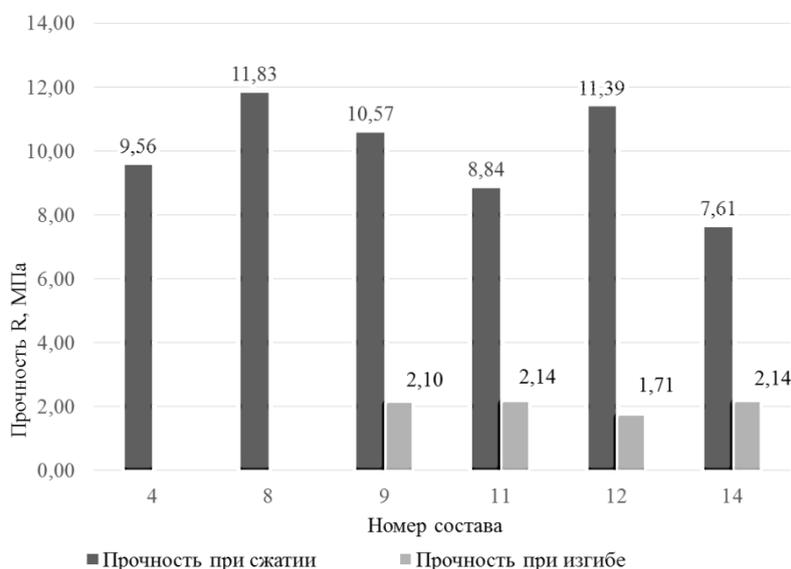


Рисунок 3 - Влияние минеральных и высокомолекулярных соединений на прочность бетона при сжатии и изгибе

Критерием структурной прочности бетона является коэффициент размягчения. Для разных составов бетона с древесным наполнителем он находится в пределах 0,55-0,6. Те составы бетона, которые проходили испытания, показали достаточно высокий коэффициент размягчения равный 0,75 (для сравнения: тяжелый бетон имеет коэффициент размягчения равный 0,95, легкий бетон на пористом заполнителе – 0,75).

Эффективность легких бетонов можно оценить по коэффициенту конструктивного качества (ККК), который характеризует возможность снижения веса материала (конструкции) при сохранении или даже улучшении основных свойств материала.

ККК бетона испытываемых составов (рис.4) в 1,3-1,9 раза выше коэффициента конструктивного качества тяжелого бетона класса В7,5 и равноценен ККК легкого бетона аналогичной прочности на пористом заполнителе. В силу этого, бетон на органическом заполнителе становится конкурентом легкого бетона в тех ситуациях, где эффективно снижение собственной массы конструкции при одновременном обеспечении ее прочности.

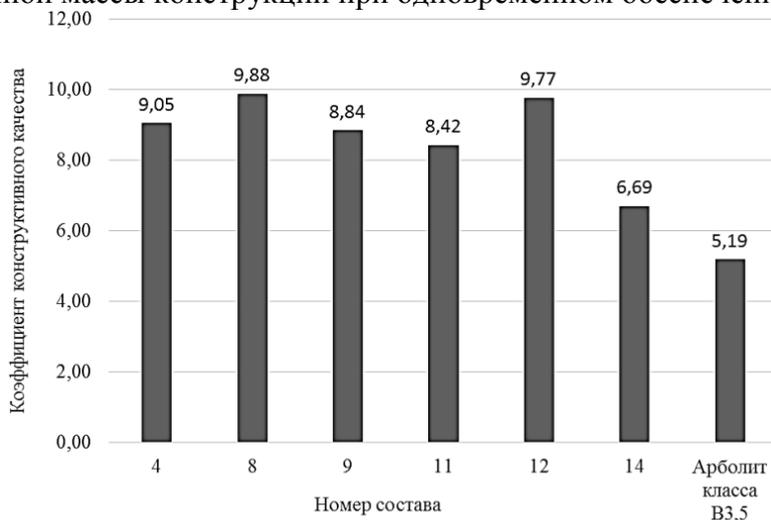


Рисунок 4 - Коэффициент конструктивного качества

Заключение. На основе проведенных экспериментов подтверждена возможность получения высокоподвижных смесей, прочности порядка 10 МПа, что в 4,5 раза выше прочности бетона контрольного состава с низким водоцементным отношением равным 0,5 при сохранении требуемой марки по осадке конуса ПЗ. Сочетание извести и известковой муки в комплексе с химическими добавками дает наибольшее увеличение прочности на 10%, лучшую удобоукладываемость и однородность бетонной смеси. Опилкобетон разработанного состава может составить конкуренцию легкому бетону на пористом заполнителе по стоимости при наличии местного сырья и отсутствии альтернативных по стоимости материалов.

Библиографический список:

1. Дубовская Л.Ю. Теплоизоляционный материал на основе древесных опилок / Л.Ю. Дубовская, Ю.В. Вихров, П.С. Бабарыко // Деревообрабатывающая промышленность. 2/2000. — С. 16-17;
2. Хрулев, В.М. Легкий древесный бетон для стен малоэтажных зданий / В.М. Хрулев, Г.Н. Шибаева, Е.Б. Соломонова, Н.А. Нелюбина // Строительные материалы.-2006. -№1.-С. 17-18.

УДК 699.86(470.13)

К вопросу о тепловой защите зданий в г. Ухте

Высоцкая Н.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: В статье рассмотрены основные проблемы теплозащиты жилых и общественных зданий в природно-климатических условиях северных территорий, в частности, в г. Ухте. Обозначены решения, позволяющие повысить энергосберегающие способности зданий и уменьшить материальные затраты при их эксплуатации.

Ключевые слова: теплозащита, энергосбережение, теплоизоляция, ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче.

В федеральном законе № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности зданий» красной нитью проходит идея снижения уровня теплотребления зданиями. Одним из основных факторов, позволяющим достичь минимального уровня энергообеспечения без ухудшения теплового комфорта в помещениях, является повышение сопротивления теплопередаче ограждений зданий. С 1995г. в России были приняты требования к теплозащите зданий, в основу которых положен принцип поэтапного снижения потребности в тепловой энергии зданий: сопротивление теплопередаче отдельных ограждений должно быть не менее нормируемых значений [1, с. 5].

Анализ изучения проблемы энергосбережения показал, что одним из наиболее действенных путей ее решения является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий. Добиться этого можно, применяя эффективные современные теплоизоляционные материалы в составе ограждений зданий. Теплоизоляционные материалы по виду основного сырья подразделяются на органические (пенополистирол, пенополиуретан, вспененный каучук) и неорганические (минеральные ваты на основе металлургических шлаков, базальта, стекловолокна, торфа, камыша, а также теплоизоляционные бетоны: газобетон, пенобетон, керамзитобетон, перлитобетон и др.). Из этого множества теплоизоляционных материалов наибольшее распространение получили плиты минераловатные из каменного (базальтового) волокна – материал, обладающий низкой теплопроводностью ($\lambda=0,04 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$), негорючий, воздухо- и паропроницаемый, экологически чистый. Минераловатные плиты из базальтового волокна изготавливаются в г. Сыктывкаре в фирмах ООО «Лотос», «Ариста». Именно этот теплоизоляционный материал применяется в качестве утеплителя наружных стен, кровель, полов, чердачных (бесчердачных) перекрытий зданий г. Ухты. И это самый эффективный способ повышения уровня теплозащиты зданий.

Немаловажное влияние на температурно-влажностный режим помещения оказывают «мостики холода», возникающие на поверхностях слоев ограждений, вызывающие точечное охлаждение, и приводящие к образованию конденсата, а впоследствии грибка и плесени. В связи с этим, необходимо создать целостный, непрерывный тепловой контур здания, подобрав достаточную толщину утеплителя для всех ограждений.

Строительство зданий в районах северной климатической зоны затрудняется характерными климатическими условиями: отрицательными среднегодовыми температурами; сильными ветрами; снежными заносами.

В Ухте длительность отопительного сезона 261 сут., а температура наружного воздуха, расчетная на отопление $=-39^{\circ}\text{C}$, средняя температура отопительного периода $=-6,4^{\circ}\text{C}$ [2, с. 8].

Согласно данным типовых проектов, ряд зданий в нашем городе имеют достаточно высокий уровень теплозащиты. Это здания IV микрорайона, спорткомплекс УГТУ «Буревестник» (построенный в 2007г. и имеющий внутреннее утепление), здания стоматологических клиник «Дантист» и «Каури», Ледовый дворец спорта имени Сергея Капустина, офисные здания «Транснефть», «Газпром» и др.

Внедряются энергосберегающие материалы, технологии и при капитальном ремонте уже существующих зданий, таких, как офисно-жилое здание по ул. Октябрьской, 23, Отель-Бутик по ул. Октябрьской, 21, здание детской больницы, спорткомплекс УГТУ «Буревестник» (в прошлом году было выполнено наружное утепление), торговый зал «Городок и др.

Для сооружения торгового комплекса по ул. Ленина, 22 эффективным решением стало применение стеновых и кровельных сэндвич-панелей. Использование в качестве утеплителя в конструкции сэндвич-панелей каменной ваты на основе базальтового волокна позволит увеличить энергосберегающие качества данной строительной конструкции. Однако, выявлено следующее: толщина базальтовой теплоизоляции в применяемой конструкции сэндвич-панели составляет 0,12м, что не обеспечит требуемый тепловой режим в помещении торгового зала. Был произведен теплотехнический расчет наружной стены, в результате которого было выяснено, что при $t_{в}=16^{\circ}\text{C}$ и для климатических условий для г. Ухты (градусо-сутки отопительного периода ГСОП=6890) толщина утеплителя должна составлять 0,15м. Значит, требуемый тепловой комфорт в данном помещении недостаточен и его следует обеспечивать эффективной работой системы отопления.

К сожалению, не должным образом выполнена, т. е. не в соответствии с проектом и некачественно с точки зрения монтажа, выполнена теплоизоляция ограждений в «Дантисте» [3, с. 283].

При таких условиях, приведем данные теплотехнического расчета ограждающих конструкций для жилых зданий в г. Ухте.

Целью теплотехнического расчета является определение толщины теплоизоляционного слоя наружных ограждений здания.

Наружная стена 4-хслойная стена: кирпичная стена толщиной 0,38 м, утеплитель – плиты минераловатные из базальтового волокна, наружная облицовка – плиты фибролитовые толщиной 0,01 м, внутренняя облицовка – листы гипсовые обшивочные 0,01 м. Утеплитель – у наружной поверхности наружной стены. В результате расчета толщина утеплителя составляет $\delta_{ym}=0,15\text{ м}$ ($t_g=20^0\text{C}$). Сопротивление теплопередаче, определенное по условиям энергосбережения, составляет $R_0=3,82\text{ м}^2\cdot^0\text{C/Вт}$.

Наружная стена 3-хслойная стена: 1-й и 3-й слой – керамзитобетон толщиной 0,2 м, 2 слой – утеплитель – плиты минераловатные из базальтового волокна. В результате расчета толщина утеплителя составляет $\delta_{ym}=0,16\text{ м}$ ($t_g=20^0\text{C}$). Сопротивление теплопередаче, определенное по условиям энергосбережения, составляет $R_0=3,82\text{ м}^2\cdot^0\text{C/Вт}$. В случае, если несущие слои выполнены из газобетона, толщина утеплителя составляет $\delta_{ym}=0,15\text{ м}$.

Чердачное перекрытие: армированная стяжка толщиной 0,04 м, утеплитель – плиты минераловатные из базальтового волокна, пароизоляционный слой толщиной 0,004 м, ж/б плита толщиной 0,22 м. В результате расчета толщина утеплителя составляет $\delta_{ym}=0,22\text{ м}$ ($t_g=20^0\text{C}$). Сопротивление теплопередаче, определенное по условиям энергосбережения, составляет $R_0=5,1\text{ м}^2\cdot^0\text{C/Вт}$. Аналогичные значения толщины утеплителя принимаются для пола 1 этажа над неотапливаемым подвалом.

Большинство жилых зданий г. Ухты, к сожалению, теплозащиты не имеют. В таких условиях, сопротивление теплопередаче однослойной кирпичной стены толщиной 0,54 м существующего жилого здания составляет $R_0=1,4\text{ м}^2\cdot^0\text{C/Вт}$ (для сравнения, 3,82 – для многослойной с утеплителем). Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», класс энергосбережения таких зданий «Е» - низкий, а правильное - какой-либо класс и вовсе отсутствует.

Говоря о теплозащите ограждений здания, следует упомянуть о конструкции окон. Дело в том, что наибольшими теплопотерями (до 40%) в помещении обладают именно окна, что приводит к существенному понижению температур помещений и, как следствие, к завышенным теплопотерям.

В условиях Севера особенно актуально применять современные энергосберегающие конструкции окон. На теплосберегающие характеристики стеклопакета влияют стекло, дистанционная рамка и газ, заполняющий межстекольное пространство.

Придание стеклу энергосберегающих свойств связано с нанесением на его поверхность мягких низкоэмиссионных покрытий (например, тонкая пленка из ионов серебра), которые действуют, как зеркало, отражая тепло назад в помещение. Для сравнения, для обычного остекления коэффициент теплопередачи $K=2,6\text{ Вт/м}^2\cdot^0\text{C}$, для остекления с мягким низкоэмиссионным покрытием $K=1,6\text{ Вт/м}^2\cdot^0\text{C}$. При температуре наружного воздуха = -10^0C , а в помещении $t_g = +21^0\text{C}$, температура на внутренней поверхности такого энергосберегающего стеклопакета будет равна $+16^0\text{C}$.

Следующей составляющей энергосберегающей конструкции окна является газ, заполняющий стеклопакет (аргон, криптон, ксенон), теплопроводность которого на 30-70% (в зависимости вида газа) ниже теплопроводности воздуха ($\lambda=0,02\text{ Вт/м}\cdot^0\text{C}$).

И третье слагаемое окна – дистанционная рамка, соединяющая по периметру два стеклянных полотна. Сначала при производстве окон эти рамки изготавливали из алюминия, но алюминий хороший проводник тепла ($\lambda=220\text{ Вт/м}\cdot^0\text{C}$), что способствует снижению температуры по периметру стеклопакета – скопление конденсата – сокращение срока

эксплуатации. Конечно, нашли решение в замене алюминиевой рамки на пластиковую (ПВХ) с теплопроводностью $\lambda=0,5 \text{ Вт/м}^0\text{С}$.

Данная комбинированная энергосберегающая технология окон позволяет повысить теплозащитные свойства окон и снижать потребность в тепловой энергии зданий, что и требуется по закону «Об энергосбережении...».

С этой целью для Ухты рекомендуется применять двухкамерные стеклопакеты с одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием и заполнением аргоном, сопротивление теплопередачи такой конструкции $R_0=0,78 \text{ м}^2\cdot^0\text{С/Вт}$ [1, с. 52]. На сегодняшний день в Ухте окна в жилых зданиях - двухкамерные стеклопакеты, но без энергосберегающего эффекта. К тому же, как утверждают специалисты в статье [4, с.36], возникает масса проблем, связанных с изготовлением профиля окон из ПВХ, не соответствующих условиям климата, некачественным монтажом и последующей эксплуатацией стеклопакетов в г. Ухте.

В связи с этим же, следует отметить окна, установленные в прошлом году в бассейне г. Ухты: при положительном свойстве окна (заполнении межстекольного пространства аргоном) – сниженных теплопотерях, профиль окна – алюминиевый. Учитывая выше сказанное и влажный микроклимат бассейна, в недалеком будущем коррозия вынудит к новой замене витражей.

Из всего следует сделать вывод, что теплозащита ограждений зданий в Ухте далеко не на требуемом уровне, теплопотери зданий завышены, а, значит, федеральный закон № 261 «Об энергосбережении ...» не работает. В то время как, в условиях северных территорий проблема теплозащиты зданий является одним из ключевых вопросов, решение которого позволило бы значительно улучшить качество жизни населения и вместе с тем, снизить потребность зданий в тепловой энергии.

Библиографический список:

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.- М.: Стройиздат.- 2013.-80с.
2. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.- М.: Стройиздат. - 2018.-140с.
3. Пименова Г.И., Волкова В.И. «Сон ли это? ...нет, не сон. Дом ли это?... не, не дом!».- Сборник научных трудов [Текст] : материалы научно-технической конференции (17-2 апреля, 2007 г.) : в 2 ч. ; ч. 1 / под ред. Н.Д Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2008. – С. 282–286.
4. Волкова В.И., Коняева О.А., Иванов И.И., Пластиковые окна в Ухте – хорошо ли это? - Сборник научных трудов [Текст] : материалы научно-технической конференции (20-23 сентября, 2011 г.) : в 3 ч. ; ч. II / под ред. Н.Д Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2011. – С. 36–38.

УДК 628.83: 697.9: 725.85

Энергосберегающие режимы работы систем вентиляции спортивных комплексов

Иванова Е.С., Калинин Д.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Актуальность проблемы повышения энергоэффективности систем вентиляции на сегодняшний день в нашей стране обуславливается низкотемпературными климатическими условиями и высокими ценами на энергоносители.

Системы общеобменной вентиляции обеспечивают следующие процессы:

- Обработку приточного воздуха
- распределение воздуха;
- удаление воздуха с ассимилированными вредностями

На сегодняшний день известно исчерпывающее количество способов для эффективной эксплуатации систем вентиляции общественных зданий:

- использование рекуперации тепловой энергии удаляемого воздуха;
- оптимизированная автоматизация приточно-вытяжных систем;
- понижение аэродинамического сопротивления сети воздуховодов;

В данной работе рассмотрено использование графиков отключения систем вентиляции, в зависимости от целесообразности их ситуационного применения спортивного комплекса в г. Вологда:

В спортивном комплексе запроектировано 10 систем механической вентиляции. К установке принимаются приточные установки компании «ИННОВЕНТ», а также один радиальный и четыре крышных вентилятора того же производителя. Вентиляторы вытяжных систем смонтированы в тепло- шумоизоляционные корпуса. Приточные камеры выполнены с системой шумопоглощения, позволяющей снизить общий уровень шума до 10 дБА.

Рассмотрим вариант автоматизации процессов работы электродвигателей вентиляторов и воздухонагревателей приточных установок, при котором работа системы может быть приостановлена по заранее заданному графику. В качестве устройств управления и регулирования систем были выбраны следующие приборы:

- Централизованные контролеры «Optigo OP10»;
- датчики температуры «CombiTerm TFRH»;
- трехходовые клапаны типа GTRS 32-16 и GTRS 40-27, предназначенные для регулирования расхода горячей воды в теплообменниках систем вентиляции;
- датчик пыли типа ProSens 303;
- преобразователь частоты «VLT Refrigeration Drive FC103»
- огнезадерживающие клапаны UVA, UVS с электроприводом

Контролеры и преобразователи частот смонтированы в специальных шкафах управления. Рассмотрим принцип работы данной АСУ:

Основным элементом всей системы автоматики выступает центральный контроллер Optigo. Преимуществами данного контроллера является: временное регулирование систем вентиляции, что позволяет настроить периодическое отключение систем вентиляции в нерабочее время, отключить систему в случае пожара и большое количество интерфейсов подключения датчиков и исполнительных элементов.

Контроллеру, находящемуся в узле управления, подается входной сигнал от датчика температуры, установленного на обратном трубопроводе узла обвязки воздухонагревателя системы приточной вентиляции. Контроллер соединен с частотно-регулируемыми преобразователями (ЧРП), корректирующим работу электродвигателя вентилятора и двигателя циркуляционного насоса узла обвязки калорифера. Контроллер запрограммирован на отключение приточных и вытяжных систем вентиляции с 23:00 с последующим включением в 11:00 утра следующего дня.

В 23:00 согласно заданному графику контроллер дает команду на реле приточного клапана, сигнал на привод трехходового клапана смешения теплоносителя и сигналы на контроллеры ЧРП электродвигателей вентилятора и циркуляционного насоса.

В режиме временного останова контроллер анализирует сигнал с датчика температуры теплоносителя на выходе из воздухонагревателя.

В случае, если температура будет приближаться к температуре замерзания теплоносителя – контроллер даст сигнал на привод клапана смешения теплоносителя с целью компенсации охлаждения в контуре воздухонагревателя.

Огнезадерживающие клапаны типа UVA, UVS снабжены терморазмыкающими устройствами (ТРУ, терморегулятор), находящимися в приводе клапана. При нагреве до 72 °С и выше датчик разрывает цепь питания электропривода клапана с возвратной пружиной, что приводит к закрытию клапана.

Принцип работы датчика пыли основан на трибоэлектрическом эффекте, заключающемся во взаимодействии частиц пыли с сигнальным стержнем датчика. В результате чего происходит перенос небольшого электрического заряда. Этот заряд вызывает сигнал, который в дальнейшем обрабатывается микроконтроллером.

Эффективность отключения систем вентиляции в нерабочее время позволяет сэкономить как электрическую, так и тепловую энергии.

Согласно расчетам, годовая экономия тепловой (электрической) энергии для спортивного комплекса составит:

$$C = Ц \cdot K,$$

где C – стоимость сэкономленной тепловой энергии за отопительный период и электрической в течение года;

$Ц$ – тарифная ставка на тепловую энергию по Вологодской области за 2020 год, равная 4520,4 руб./Гкал; тарифная ставка на электроэнергию по Вологодской области за 2020 год, равная 4,87 руб./кВт;

K – количество тепловой энергии, МВт, сэкономленной путем временного отключения систем вентиляции за весь отопительный период и электрической, кВт, за год.

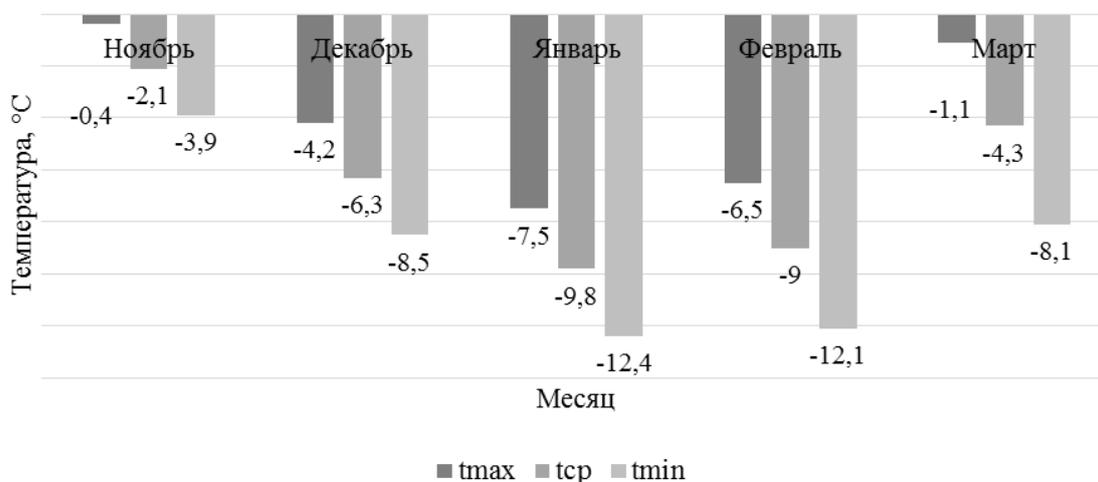


Рисунок 1 – Гистограмма температур наружного воздуха г. Вологда

На данном графике представлена усредненная температура воздуха за самый холодный период года по месяцам. Основываясь на полученных данных, определяется экономия тепловой энергии на нагрев приточного воздуха по формуле:

$$Q = 0,28 \cdot L \cdot \rho_K \cdot c \cdot (t_K - t_H)$$

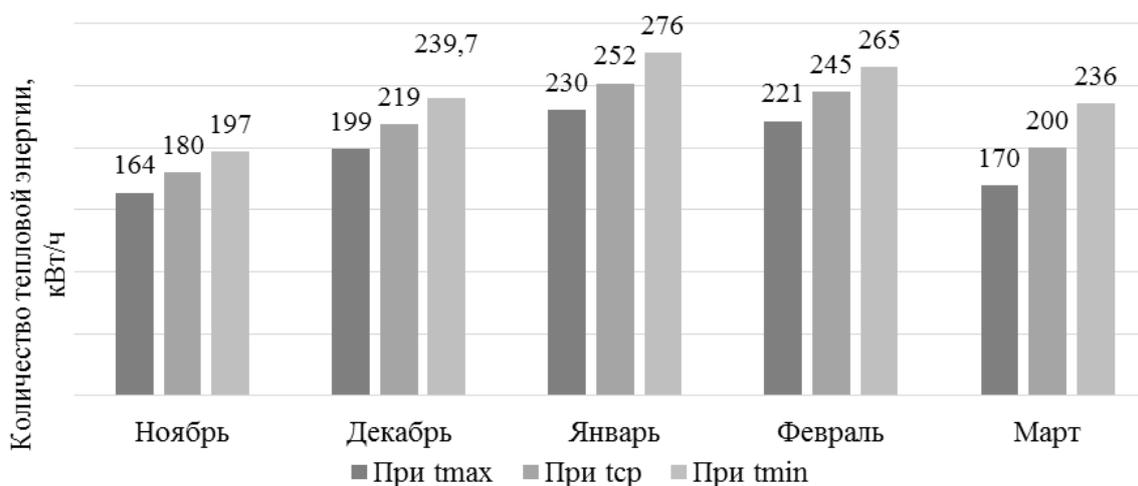


Рисунок 2 – Экономия тепловой энергии на нагрев приточного воздуха

На представленной выше диаграмме показана экономия тепловой энергии на нагрев приточного воздуха за 1 расчетный час. Согласно указанным ранее данным, режим временного останова длится 9 часов в сутки. Следовательно, суточное сбережение теплоэнергии составит:

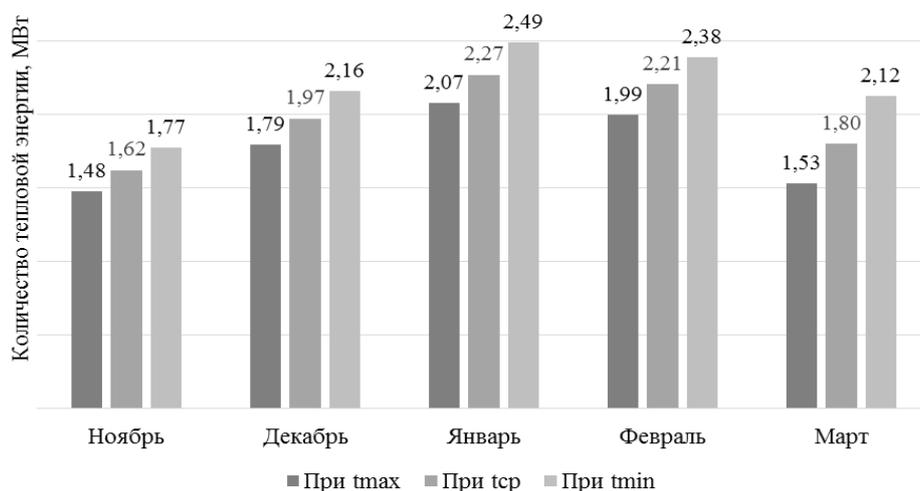


Рисунок 3 – Суточная экономия тепловой энергии

Зная тарифную ставку на 1 Гкал тепловой энергии, определяется экономия в денежном эквиваленте за 1 сутки:

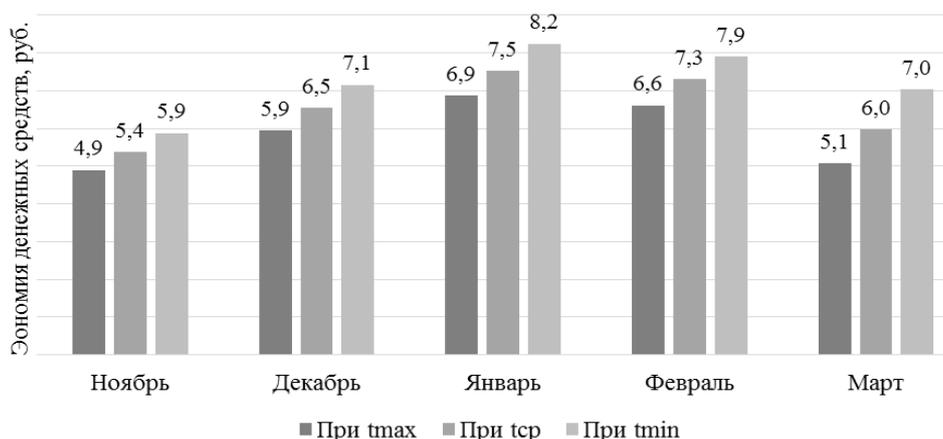


Рисунок 4 – Суточная экономия денежных средств на тепловой энергии

Определив суточную экономию денежных средств, путем временного отключения систем приточно-вытяжной вентиляции, находится месячная экономия в тыс. руб:

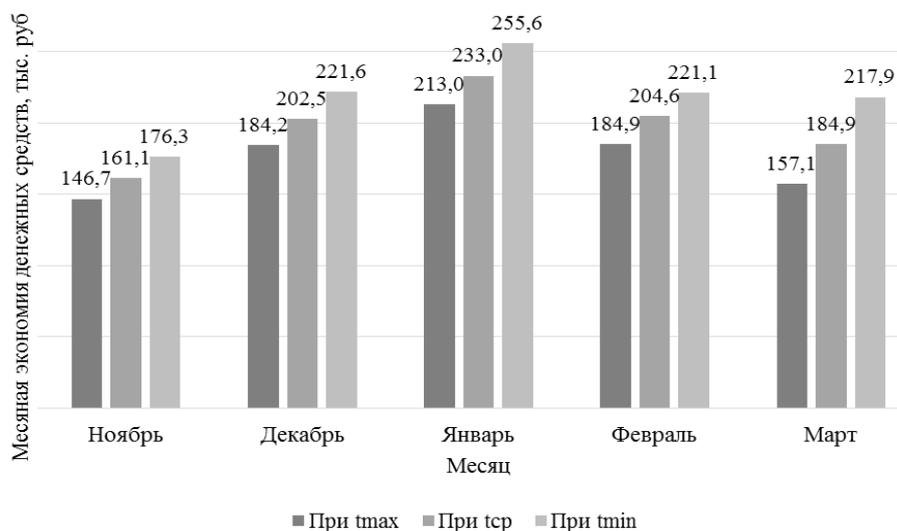


Рисунок 4 – Экономический эффект от теплоэнергосберегающих мероприятий

Далее определяется суточная экономия электроэнергии по каждой системе приточно-вытяжной вентиляции спортивного комплекса:

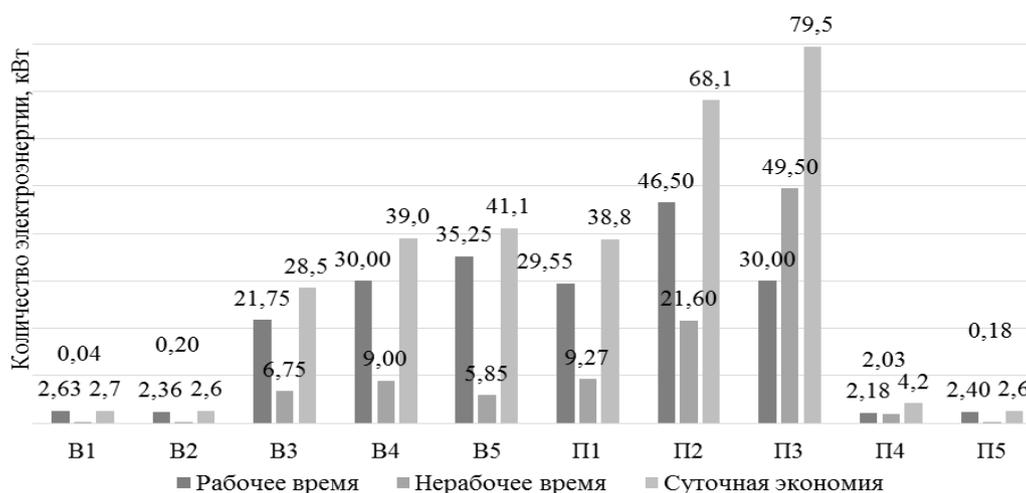


Рисунок 5 – Экономия электроэнергии по системам вентиляции спорткомплекса
После полученных данных о суточной экономии, находится годовая экономия:

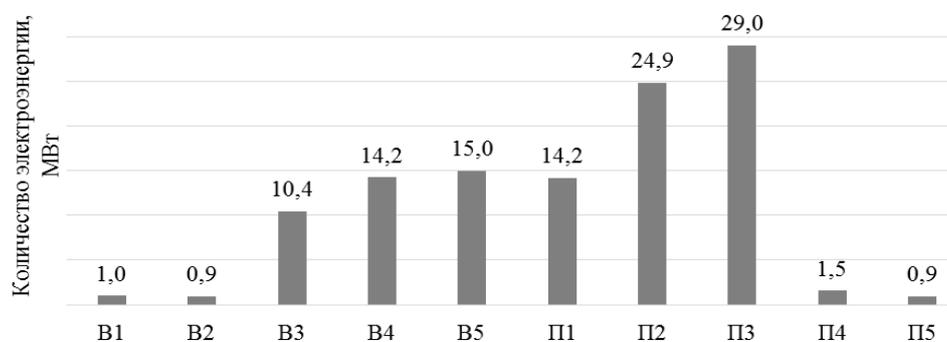


Рисунок 6 – Годовая экономия электроэнергии по системам вентиляции спорткомплекса

Исходя из значения тарифной ставки на 1 кВт электроэнергии, рассчитывается годовая экономия денежных средств на данный вид энергоресурса:

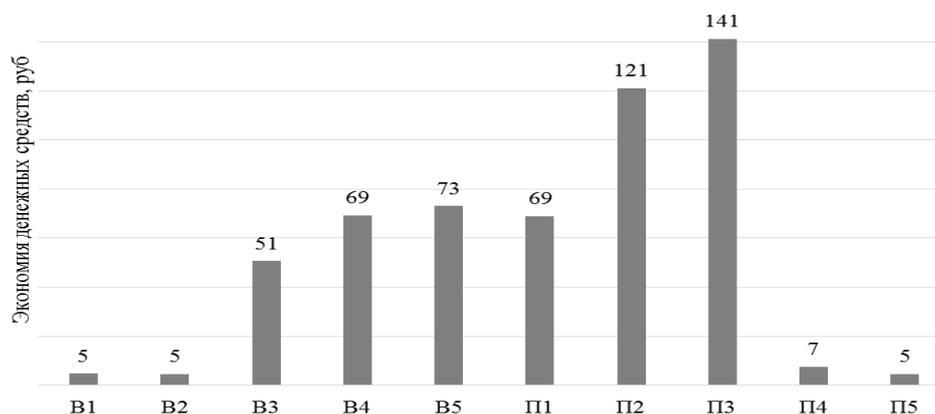


Рисунок 7 – Годовая экономия в тыс. руб.

Исходя из итоговой стоимости оборудования и монтажа АСУ, составляющей 2802,4 тыс. руб., и общегодовой экономии энергоносителей (1532,1 тыс. руб.), затраты на системы автоматики окупятся примерно за 2 года.

Библиографический список:

1. Молодой ученый [Электронный ресурс] – <https://moluch.ru/> . – Заглавие с экрана.
2. Официальный сайт Департамента топливно-энергетического комплекса и тарифного регулирования в городе Вологда [Электронный ресурс] – <https://tekvo.gov35.ru/vedomstvennaya-informatsiya/info-for-citizens/tarify/tarify-na-zhku/> . – заглавие с экрана.

Зеленый каркас города Ухта: ресурсы формирования и развития

Коптяев Д.Л., Зуева И.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: в статье дается анализ ресурсов формирования зеленого каркаса Ухты, использование которых делает возможным развитие непрерывной, мозаичной и устойчивой зеленой системы северного промышленного города.

Ключевые слова: ресурсы, зеленый каркас города, устойчивое развитие.

Современная структура озеленения Ухты демонстрирует неблагоприятное состояние природной составляющей города, её несоответствие нормативным требованиям площади озелененных территорий, а документы территориального планирования – отсутствие концепции озеленения северного промышленного города.

Формирование зеленого каркаса города возможно на основе имеющихся ресурсов. Выявление, инвентаризация и оценка таких ресурсов позволяют обосновать возможность формирования зеленого каркаса города, что актуально для прогнозирования и планирования его развития.

В качестве ресурсов, участвующих в формировании и развитии зеленого каркаса города, рассмотрены (оценены) следующие компоненты городской среды: улично-дорожная сеть; пешеходные коммуникации; крыши жилых домов и общественных зданий; территории гаражных массивов; территории детских образовательных учреждений в жилой застройке (детские сады, школы); рельеф («неудобья»). Обозначенные компоненты городской среды обладают различными потенциалом и качеством, способны при соответствующем использовании поддерживать отдельные качества зеленого каркаса как саморазвивающейся и устойчивой системы.

В качестве проектно-исследовательской гипотезы выдвинуто следующее предположение: формирование и развитие зеленого каркаса города связано с рассмотрением его в качестве саморазвивающейся и устойчивой системы, т.е. всецело зависит от формируемых качеств (континуальность, коммуникативность, экологическая емкость и резистентность, мозаичность), которые и являются предметом проектирования. Использование выявленных ресурсов (рис. 1), поддерживающих (позволяющих проектировать) обозначенные качества, позволит в конечном итоге добиться необходимого состояния зеленой системы города, обладающей комплексным совокупным качеством.

Классификация, осмысливающая анализируемые ресурсы (компоненты городской среды), может выглядеть следующим образом: «непрерывные» ресурсы; «площадные» ресурсы; «надземные» ресурсы; «частные» ресурсы; «нормативные» ресурсы; «неудобные» ресурсы; «стихийные» ресурсы; видовой и породный состав растительности.

«Непрерывные» ресурсы – коммуникационная структура города (сложившаяся улично-дорожная сеть города и структура пешеходных коммуникаций), обладающая объективной, естественной и обязательной для города непрерывностью, «широким профилем», обеспечивающая жизнеспособность города и являющаяся наиболее устойчивой его подсистемой. Использование такой непрерывной структуры города для реализации отдельных компонентов зеленого каркаса является основанием для достижения непрерывности зеленой системы города, обеспечения ее пространственной связности. Геометрия коммуникационной структуры, общей протяженностью 42,41 км, тяготеет к радиально-кольцевой схеме. Радиальные русла (пр. Ленина – ул. Октябрьская, ул. Сенюкова – ул. Севастопольская, наб. Газовиков – ул. Загородняя – ул. Первомайская) обеспечивают «продольные» связи между всеми сложившимися территориями различных временных периодов развития города. Кольцевые русла (пр. Космонавтов-ул. Зерюнова, ул. 30 лет Октября-ул. 40 лет Коми, ул. Интернациональная-ул. Социалистическая, объездная дорога) обеспечивают «поперечные» связи, включая в процесс взаимодействия пригородные

пространства, вновь осваиваемые и бывшие промышленные территории как новый вектор развития города (зона интеграции городских процессов). Второстепенные компоненты – «внутренние» улицы (ул. Юбилейная, Советская, Бушуева и т.д.), обеспечивающие связь внутри города между отдельными руслами и территориями. Улично-дорожная сеть города представляет собой, с одной стороны, систему транспортных коммуникаций, с другой – структуру открытых общественных пространств города, русел городской активности. Таким образом, формирование элементов зеленого каркаса в опоре на выявленную улично-дорожную сеть, помимо реализации идеи «зеленой» непрерывности, должно решать проблему негативного влияния транспорта в совокупности с задачей архитектурно-ландшафтной организации и развития среды открытых общественных пространств.

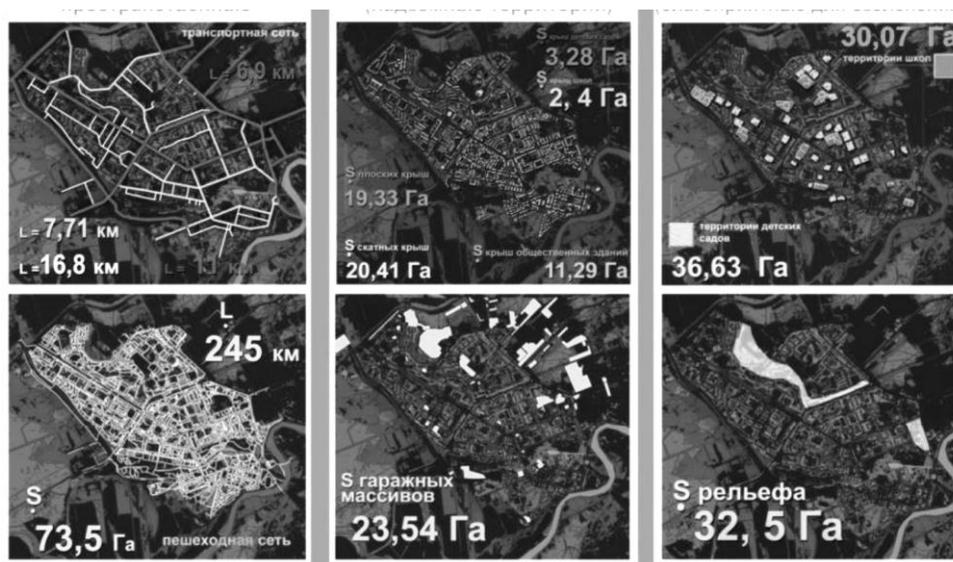


Рисунок 1 – Схема выявленных ресурсов формирования и развития зеленого каркаса Ухты

Пешеходная сеть является атрибутом системы открытых общественных пространств города, повторяющим конфигурации сложившейся улично-дорожной сети города и альтернативой коммуникационной структуре уличной сети города – капиллярной структурой сложившихся пешеходных путей внутри городской ткани (сформированные и стихийно сложившиеся пути на жилых территориях). Именно альтернативная структура пешеходных связей представляет ресурс для реализации идеи непрерывности озеленения города.

Устойчивость стихийно сложившейся пешеходной структуры обусловлена рядом ее характеристик и свойств:

- избыточностью и разнообразием элементов (мозаичностью), которые сформированы и поддерживаются множеством различных «пешеходных практик» (повседневных, периодических, эпизодических);
- контекстуальностью и уместностью конфигураций и расположением элементов, которые обусловлены различными целями пешеходных перемещений (транзит, прогулки, посещение объектов общественного обслуживания, хозяйственно-бытовые перемещения и др.) и поддерживаются и регулируются различными пространственными условиями;
- рациональность и эффективность компонентов структуры обусловлены их многолетней «эволюцией» и «апробацией» обитателями и горожанами.

Таким образом, выявленная альтернативная пешеходная структура обладает своей генетикой, поддерживается и регулируется динамичными социальными процессами на жилых территориях, имеет связи с жизнедеятельностью города в целом. Общая протяженность выявленной пешеходной сети города составляет 245 км.

Различные пространственные возможности (параметры) каждого компонента пешеходной сети, статус и «география» расположения их в структуре жилых территорий и города в целом, а также сопутствующие средовые проблемы, будут определять выбор сценария и приема реализации идеи озеленения.

«Надземные» ресурсы – крыши жилых и общественных зданий, являющиеся «классическим» территориальным ресурсом, позволяющим при озеленении восполнить площадь, занятую застройкой. Актуальность таких ресурсов традиционно связана с тем, что поверхности покрытий (крыш) зданий не используются в качестве городских территорий, что позволяет при их озеленении обеспечить определенную степень устойчивости организуемому на них озеленению. Площади плоских (19,23 га) и скатных (20,41 га) крыш жилых домов, площади крыш городских общественных зданий (11,29 га), отдельно приняты во внимание площади крыш детских садов (3,28 га) и школ (2,40 га) составляют общую площадь (56,71 га) надземных территорий города, служащей ресурсом зеленого каркаса. При выборе соответствующего приема, обеспечивающего связность такой структуры («зеленые мосты», вертикальное озеленение фасадов, «шагающие» теплицы), видится возможным формирование новой зеленой системы – нового зеленого яруса города, занимающего свою пространственную нишу. Озеленение выступает как ресурс пространственного градостроительства.

К **«частным» ресурсам** относятся участки территории, занятые гаражными массивами (в Ухте имеют кирпичное исполнение), будучи расположенными на селитебных территориях и примыкающие к ним, они представляют собой сегодня закрытые пространства частных интересов в городской ткани – «черные дыры» или «gate community». Необходимость развития и реализации зеленой темы и общественных интересов позволяют трактовать такие территории не как неустрашимое зло для города, но как ресурс для поддержания и развития городской культуры в различных фрагментах города. Все участки гаражных массивов интегрированы в ткань города, имеют хорошую транспортную и пешеходную доступность, граничат с различными зонами: большая часть с жилыми и деградирующими территориями; часть гаражных массивов имеет связь с общественными структурами и производственными районами. В Ухте имеется 64 участка гаражных массивов общей площадью около 70 га, что составляет около 14% от общей площади жилых территорий города. Диапазон площадей участков варьируется от 0,03 га до 11,80 га. «Надземное» освоение таких территорий позволит вернуть городу существенный процент озеленения, снижая при этом негативное влияние транспорта, формируя позитивный имидж территорий и возможности их нового «обживания».

К **«нормативным» ресурсам** относятся территории, для которых нормативно-правовыми документами определен режим использования и процент озеленения территории. Здесь гарантом стабильности озеленения во времени и пространстве является именно нормативный фактор, определяющий состав элементов территории и характер использования. Для территории детских садов и школ города нормами устанавливались следующие требования озеленения: для детских садов – не менее 50 % территории, для школ – не менее 40 % территории, что обуславливает их современное состояние. Данная «традиция» реализована и в современных документах территориального планирования. Так, в правилах землепользования и застройки для Ухты установлен процент озеленения территорий учебно-образовательных учреждений – не менее 50 %. Статус ресурса для территорий школ и детских садов поддерживается также и «географией» (особенностями) их размещения на жилых территориях – внутри жилой застройки, что позволяет рассматривать их сеть в качестве устойчивого компонента капиллярной зеленой структуры. Связность таких «территориальных» ресурсов с обозначенными выше «непрерывными» ресурсами – транспортно-пешеходная структура жилых территорий, позволяет поддержать реализацию идеи непрерывности озеленения на мезоуровне (по Владимирову). Площадь «нормативных» ресурсов составляет 66,70 га (30,07 га – территории школ, 36,63 га – территории детских садов).

«Неудобные» ресурсы – неудобные для использования и освоения человеком территории это территории с активным рельефом. Данное обстоятельство позволяет обозначить еще один территориальный ресурс озеленения города – территории с большим уклоном, удобные для компонентов озеленения. Не каждый город обладает такими территориями (ресурсами). В Ухте существует естественный активный рельеф – Пионер-гора. Площадь склонов на селитебной территории составляет 32,5 га, а протяженность –

около 3 км. Территория склонов сохраняет признаки площадного и линейного элемента зеленого каркаса («зеленого коридора»), не смотря на то, что частично освоена отдельными зданиями и транспортно-пешеходными коммуникациями. По своим параметрам и возможностям такая территория могла бы претендовать на статус нового «неудобного» городского парка.

К «стихийным» ресурсам – ресурсам микроуровня нужно отнести локальные пространства: участки территорий и фрагменты зданий, которые стихийно (неорганизованно) и естественно освоены зелеными растениями без участия человека. Разнообразие и возможности таких фрагментов сложно оценить, они всегда ускользают от взглядов хозяйствующих субъектов, проектировщиков и горожан, являясь атрибутами бесхозности и результатом человеческих ошибок в городе. Можно назвать некоторые из них: растения в разломах и трещинах твердых покрытий («проросший асфальт»), мох на фактурной поверхности цоколя здания, зелень под скамейками, стихийная сорная растительность на пустырях или неосвоенных, заброшенных участках и т.п. Привлекает внимание способность таких неоднозначных зеленых образований бесконфликтно сосуществовать в условиях искусственной антропогенной среды города.

Видовой и породный состав растительности, которую необходимо культивировать в промышленном городе, представляется важным ресурсом. Существующий состав растительности и ее состояние – это наследство, требующее своего критического осмысления. Так, анализ видов растительности в Ухте показал их скудность и отсутствие широкого перечня растений, способных существовать, выживать и развиваться в городе, давая положительный эффект и поддерживая одно из важнейших качеств устойчивых зеленых систем – мозаичность. Видится очевидной необходимость не только обновления и приведения в порядок существующих зеленых насаждений, но и современное расширение и обогащение их сортамента. Практика показывает, что для условий северного и промышленного города существует достаточно обширный перечень видов «эффективных» растений, до сих пор не существующих в Ухте.

Комплексное и осмысленное использование вышеназванных ресурсов носит характер стратегии формирования и развития зеленого каркаса Ухты, а вместе с ним и среды современного города, города дружелюбного к своим обитателям, устойчивого в своем развитии, а, стало быть, имеющего добропорядочное будущее.

УДК 725.85/86

Загородный спортивно-досуговый центр в городе Ухта как пример энергоэффективной архитектуры

Миронюк А.В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

В работе рассматриваются вопросы поиска баланса между энергосбережением, комфортным пребыванием людей и бережным отношением к природе на примере автономного загородного спортивно-досугового центра в северном поселении (на материалах выпускной квалификационной работы студентов кафедры архитектуры и строительства Ухтинского государственного технического университета)

Ключевые слова: малозатратный пассивный дом, энергоэффективность, автономность, региональная архитектура

Пассивный дом является ведущим мировым стандартом в энергоэффективном строительстве. Сохранение энергии достигает 80% по сравнению с обычными новыми зданиями, независимо от климатического региона. Концепция «Пассивного Дома» была разработана в 1988-м году профессором Бо Адамсоном в Университете Лунда, Швеция. Идея заключается в создании такого здания, которое могло бы поддерживать комфортные для

человека условия сколь угодно долго без подводки энергии со стороны. Это – пример замкнутой системы, не требующей стороннего вмешательства для своего существования, которая базируется на следующих принципах:

- снижение теплотерь (достигается за счет минимальной площади внешней поверхности здания; создания воздухонепроницаемой оболочки; конструирования без тепловых мостов; использования специальных материалов для несущих и ограждающих конструкций здания, отделочных материалов с низким коэффициентом теплопроводности, светодиодов в качестве приборов освещения);
- использование альтернативных источников энергии, светодиодов в качестве осветительных приборов, таймеров – для экономии электроэнергии.

В настоящей работе предложен вариант архитектурного энергоэффективного решения автономного спортивно-досугового центра на пригородном участке территории города Ухта, традиционно используемом горожанами для занятий лыжным спортом. Участок располагается на склоне горы в южной части города, на правом берегу реки Ухта в трех километрах от улицы Южная. На территории имеется склон протяженностью 300 м и шириной 40 м. Перепад высот склона составляет 54 м. Место расположения спортивно-досугового центра воспринимается со стороны города как значимый элемент городского окружения, по большей части ориентирован на использование в зимний период, не исключая летнего режима использования в качестве базы отдыха. Эстетически форма объема комплекса ассоциируется с зимними природными явлениями (метель, снежный занос, снежный сугроб) (рис.1).

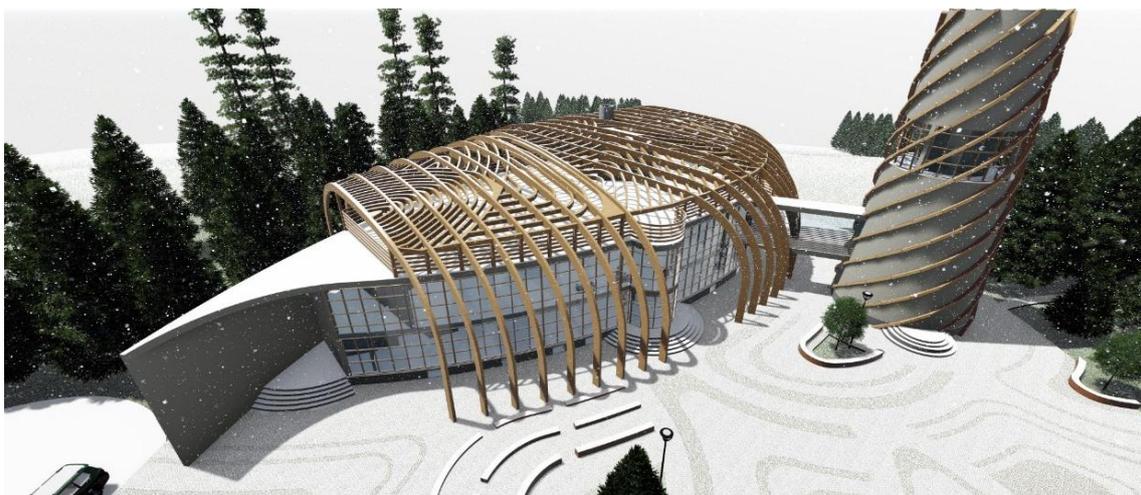


Рисунок 1 – Общий вид спортивно-досугового центра

В проекте помимо вышеперечисленных принципов энергоэффективной архитектуры применяется следующий ряд дополнительных объемно-планировочных и инженерных решений:

- деревянная опорная система;
- обтекаемость форм для защиты от ветров;

Обтекаемость формы поддерживают вертикально-стоящие клеедеревянные арки, которые объединяют деревянный навес с декоративно-конструктивным узором, имитирующим снежные заносы расположенным в верхней зоне деревянных арочных систем. Объем имеет обильное остекление с южной стороны и со стороны склона, открывая обзор на город. Остекление с южной стороны при этом работает как солнечный коллектор – теплопоступления от пассивного использования солнечной энергии вносят основной вклад в возмещение теплотерь.

- ветроустановка роторного типа;

Рядом с основным объемом сформирована смотровая башня, на завершении которой расположен ветрогенератор. Ветрогенератор башни является базовым энергодобывающим ресурсом спортивно-досугового центра, при этом выполняет функцию дополнительной коммуникации комплекса: в ней расположен лестнично-лифтовой узел, поднимающий

посетителей к смотровому уровню и дополнительные санитарные узлы для комфортного пребывания посетителей в комплексе. В результате использования данного решения здание начинает вырабатывать электроэнергию при скорости ветра 1,5-2,0 м/с. Полученное электричество запасается в аккумуляторах и по мере необходимости расходуется бытовыми приборами, в практическом плане генератор дополняется специальными устройствами, выполняющими преобразование электричества. Башня также имеет символическое значение и выступает в роли маяка, привлекающего внимание со стороны города (рис. 2).

- наличие теплового ядра (камина) в общедоступных зонах для зимнего режима использования;

- современные системы вентиляции.

Для снижения теплотерь в проекте применена приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла. Основное отличие системы от стандартных в том, что воздух поступает в здание не через вентиляционный вход, а из подземного воздухопровода. Таким же образом он выходит наружу. Основной принцип действия в том, что подземный воздухопровод оснащен рекуператором (грунтовым теплообменником), который предварительно нагревает воздух. Нагретый поток отдает свое тепло холодному и регулирует общую температуру. Это позволяет до 90% повысить эффективность вентиляционной системы, работающей с учетом выработки внутреннего тепла. Последнее вырабатывается в значительном количестве, к примеру, от компьютеров, тепла людей, осветительных и различных электрических приборов.

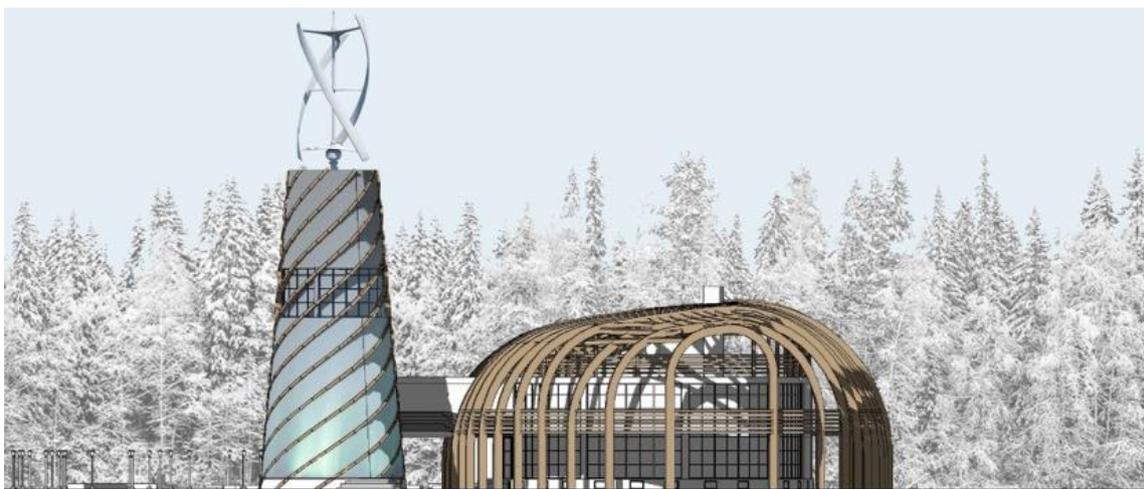


Рисунок 2 – Фасад загородного спортивно-досугового центра

Комплекс оснащен также функцией «умный дом». Встроенная метеорологическая станция отслеживает направление и скорость ветра. Каждое помещение в объекте оборудовано датчиками, которые определяют и контролируют температуру, уровень влажности и CO₂. Исходя из собранных данных, в помещениях регулируются показания за счет открывания или закрывания те или иных окон, интегрированных в единую систему управления комплексом. Все остекление спортивно-досугового центра оснащено солнцезащитными элементами, которые автоматически открываются, увеличивая освещение и обогрев за счет солнечной энергии, или закрываются, предотвращая перегрев в жаркие дни. Концепция спортивно-досугового центра как автономной энергосберегающей базы спроектированной для условий города Ухта демонстрирует, таким образом, баланс эстетической и инженерной мысли, комплексный подход к экономичности, высокому уровню комфорта, бережным отношением к природе и безопасному для здоровья строительству с акцентом на ветровую и солнечную энергию.

Библиографический список:

1. Индивидуальный жилой дом с нулевым потреблением энергии // ННГАСУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nngasu.ru/science/Inovac/house.php>

Разработка покрытия на основе эпоксидных полимеров для защиты трубопроводов и металлоконструкций

Григорьева Т.А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Хабарова З.В.

ООО «Газпром трансгаз Ухта», г. Ухта

Аннотация: поведен анализ данных об эффективности использования эпоксидных полимерных материалов в качестве защитных покрытий трубопроводов и металлоконструкций, рассмотрены способы модификации эпоксидных композиционных материалов нанодисперсными оксидами металлов и переходных элементов, на основании экспериментальных данных предложена структура защитного покрытия, обладающего заданными свойствами: высокая коррозионная стойкость, устойчивость к обледенению, высокая адгезия к защищаемому материалу, высокая стойкость к истиранию и технологичность нанесения.

Ключевые слова: защитное покрытие, эпоксидные полимеры, композиционные материалы.

Для обеспечения надежной эксплуатации конструкций и трубопроводов следует учитывать по возможности все факторы, оказывающие влияние на изменение свойств материалов, из которых они изготовлены, а также предпринимать необходимые меры по снижению или исключению отрицательного влияния внешней среды на них. Перспективным путем повышения ресурса и надежности нефтегазового оборудования и трубопроводов, является модифицирование их поверхностей путем создания защитных покрытий, отвечающих ряду требований: высокая коррозионная стойкость, устойчивость к обледенению, высокая адгезия, трещиностойкость и т.д.

Освоение и внедрение технологии нанесения на трубы и металлоконструкции покрытий на основе эпоксидных смол началось достаточно давно. Накопленный за это время опыт их применения на нефте-и газопроводах, а так же на установках по подготовке и транспортировке нефти, газа и прочих агрессивных сред, показывает, что использование данных покрытий перспективно для снижения финансовых и энергозатрат при транспорте высоковязких и парафинистых нефтей, перекачке и сжатии газа в процессе эксплуатации трубопровода, при эксплуатации различных конструкций и изделий в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Расширение областей применения эпоксидных полимерных материалов в нефтегазовой отрасли и требований к ним влечет за собой необходимость создания новых модифицированных композиций, с заданными эксплуатационными свойствами.

Изменение свойств эпоксидных материалов возможно не только путем подбора типа и концентрации отвердителя и ведением различных органических добавок, но и введением неорганических модифицирующих агентов.

Множество исследований посвящено изучению влияния кислотно-основных свойств поверхности нанодисперсных оксидов металлов (алюминия, титана, магния и др.) на прочностные и трибологические свойства полимерных покрытий.

Понимание природы взаимодействия функциональных групп органического олигомера и с поверхностью наночастиц модифицирующих агентов позволяет предвидеть изменения в процессах формирования эпоксиполимерного композита, влекущее изменение различных эксплуатационных характеристик, таких как как модуль упругости, прочность на изгиб, ударная вязкость, износостойкость и др.

К примеру результаты проведенных исследований [1] свидетельствуют о весьма сложном характере влияния нанопорошков ZrO_2 и Al_2O_3 на комплекс механических и триботехнических свойств эпоксидных полимеров. Наполнение нанопорошками

способствует существенному увеличению прочности при растяжении (в 1,8...2,0 раза), при сжатии (в 1,2...1,5 раза) и модуля упругости (в 1,4...1,7 раза) эпоксидных полимеров. Показано, что зависимость деформации при разрыве от концентрации нанопорошков имеет экстремальный характер.

Также установлено, [2] что нанодисперсные частицы оксида цинка (ZnO) существенно влияют на скорость отверждения эпоксидного полимера, предполагается, что это происходит из-за снижения энергии активации, в результате образования комплекса между ионами цинка и кислородом в эпоксидной смоле.

Учеными из Дагестана [3] проведены исследования особенностей температурной зависимости электропроводности эпоксидианового полимера и композитов, наполненных оксидом кремния. В рамках исследований было установлено, что введение диоксида кремния даже в небольших количествах (до 5%) существенно влияет на значение электропроводности композита.

Введение оксида алюминия (13-40 нм) приводит к существенному увеличению температуры стеклования, что может быть объяснено уменьшением подвижности молекул олигомера вследствие образования химических связей на границе раздела оксид/олигомер.

При модификации эпоксиангидридного полимера золам оксида кремния (частицы 20 нм), однако значительно увеличивается модуль Юнга, трещиностойкость.

Таим образом, вышеописанные исследования подтверждают влияние нанодисперсных частиц на различные характеристики эпоксидных полимерных композиционных материалов, в том числе защитных покрытий на их основе. Причем степень данного влияния зависит не только от природы наполнителя, но и от ряда других показателей: концентрация, степень дисперсности, метод введения наполнителя и т.д. Поэтому при проектировании покрытия необходимо исследовать определенный набор эксплуатационных свойств, в зависимости назначения будущего изделия.

В настоящей работе проведены исследования зависимости адгезионных свойств модифицированного эпоксиполимерного материала в сравнении с исходной полимерной матрицей относительно стального субстрата по методу определения краевого угла.

Низкие значения краевого угла смачивания внутреннего слоя покрытия относительно стального (или иного металлического) субстрата, свидетельствуют о хорошей адгезии за счет межфазного взаимодействия между функциональными группами полимерной основы и металлической подложки.

Для оценки эффективности разработанного покрытия предложена и реализована трехэтапная методика испытаний, включающая в себя оценку стойкости к обледенению по краевому углу смачивания, оценку стойкости к коррозии в пресной и соленой (морской) воде в зоне переменного смачивания массовым методом; оценку стойкости к обледенению массовым методом. В ходе эксперимента по оценке эффективности защиты металла покрытием от коррозии в пресной и соленой (морской) воде в зоне переменного смачивания наблюдалось, что уменьшение массы образца без покрытия происходит как в пресной, так и в соленой воде. Масса образца без покрытия в пресной воде за 200 дней эксперимента уменьшилась на 0,4215 г, что составляет 1,64 % от первоначальной массы образца. В соленой (морской) воде масса образца без покрытия за 200 дней уменьшилась на 0,9157 г, что составляет 3,56 % от первоначальной массы образца. При этом масса образца с покрытием увеличилась на 0,0001 г и 0,001 г в пресной и морской воде соответственно, что может быть связано с водонасыщением образца из-за несплошности покрытия ввиду ручного его нанесения. При оценке стойкости покрытия к обледенению путем смачивания образцов морской и пресной водой с последующей заморозкой установлено, что масса намерзающего льда на образце без покрытия превышает массу такого льда на образце с покрытием в 7 раз вне зависимости от солености воды. Также экспериментально установлено, что краевой угол смачивания на границе раздела фаз «вода – образец без покрытия» имеет меньшие значения по сравнению с образцом, защищенным покрытием, в течение всего эксперимента (краевой угол смачивания между стальной поверхностью и каплей воды составляет 54,9°). Меньшее значение краевого угла свидетельствует о лучшей смачиваемости анализируемой

поверхности. Следовательно, можно сделать вывод о том, что стальная поверхность является гидрофильной (краевой угол смачивания $\theta < 90^\circ$), т. е. хорошо смачивается водой. Взаимодействие воды на образце с покрытием свидетельствует о противоположном эффекте – значения краевого угла увеличиваются, смачиваемость ухудшается. Согласно результатам исследований, краевой угол смачивания на границе раздела фаз «вода-покрытие» имеет существенно большее значение краевого угла смачивания образца без покрытия, при этом покрытие можно охарактеризовать как гидрофобное, что косвенно указывает на его эффективность в качестве меры по предупреждению обледенения стальных конструкций. Таким образом, разработанная конструкция защитного покрытия потенциально позволяет повысить надежность металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера, Арктики и шельфа, характеризующихся низкими температурами окружающей среды, влажностью и агрессивным коррозионным воздействием.

Библиографический список:

1. In-Yup Jeon, Jong-Beom Baek. Nanocomposites Derived from Polymers and Inorganic Nanoparticles. *Materials* 2010, 3, P. 3654-3674.
2. Galy J., Moysan J., El Mahi A. et al. Controlled reduced-strength epoxy-aluminium joints validated by ultrasonic and mechanical measurements/ *International Journal of Adhesion & Adhesives* 72 (2017) P. 139–146.
3. Trueba M., Trasatti S.P. γ -Alumina as a Support for Catalysts: A Review of Fundamental Aspects. *Eur. J. Inorg. Chem.* 2005, P. 3393–3403.6. www.gks.ru (Федеральная служба государственной статистики России).
4. Хатилов С. А. Новые материалы антифрикционного, уплотнительного и антикоррозионного назначения с улучшенными эксплуатационными свойствами // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых углеводородов : материалы всероссийской науч.-техн. конф. (с международным участием) (2–3 ноября 2017 г.) / под ред. Н. Д. Цхадая. Ухта : УГТУ, 2018. С. 248–256.

УДК 628.32

Химическая безопасность нефтеперерабатывающей промышленности Европейского севера

Кадомцева А.В., Гилева С.С.,
Бакланова М.А., Костина В.С.

*ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России, г. Нижний Новгород*

Аннотация. Согласно статистическим данным, человечеству для полного удовлетворения своих все возрастающих желаний и потребностей как в энергии, так и в сырье, требуется каждый год порядка 300 млрд. различного минерального природного сырья, при этом при оценке и анализе итогового конкретного созданного продукта, созданного за счет обработки этих ресурсов, оказывается, что доля конечного продукта составляет менее 4 процентов от изначально добытого сырья. Подобный технологический круговорот и полученный результат ведет к тому, что уже очень долгое время происходит общее не вписывание деятельности человека в природный биотический круговорот [1]. Важно при оценке возможных последствий, применяемых к сфере нефти, использовать как можно большее количество подходов, чтобы полноценно решить и найти верные ответы на возникающие актуальные проблемы экологии XXI века и тех проблем, и вызовов, которые связаны с увеличивающимся нефтяным загрязнением окружающей среды.

Ключевые слова: экология, нефтеперерабатывающая промышленность, технология переработки нефти, нефтепродукты, нефтеперерабатывающие заводы.

Отраслями промышленной специализации Европейского Севера являются добывающая промышленность, чёрная и цветная металлургия, отдельные швы машиностроения, химической и лёгкой промышленности, лесная и пищевая промышленность.

В Северном экономическом районе развиты все виды добывающей промышленности. На востоке региона в республике Коми получили развитие все виды топливной промышленности: угольная, базирующаяся на коксующихся углях Печорского бассейна (Воркута и Ипта), нефтяная (Ухта, Усинск, Вуктыл) и газовая промышленность (Войвож). На западе района в Карелии и в Мурманской области развиты горнорудная — добыча железных (Костомукша, Ковдор, Олелегорск), алюминиевых (Кировск), медных (Печенга) и никелевых (Никель) руд и горнохимическая промышленность — добыча апатитов (Апатиты). Чёрная металлургия района, базирующаяся на коксующихся углях Печорского бассейна, железных рудах Карелии и Мурманской области, а также привозных рудах КМ А, представлена одним из крупнейших в России комбинатом «Северсталь» в Череповце. Среди отраслей цветной металлургии получили развитие металлургия алюминия (Кандалакша, Надвоицы), металлургия меди и никеля (Мончегорск), где используется не только местное сырьё, но и медно-никелевые концентраты из Норильска, доставляемые Северным морским путём. Среди отраслей машиностроительного комплекса важнейшее значение для хозяйства региона имеют морское (Архангельск, Северодвинск) и речное судостроение (Котлас, Великий Устюг), судоремонт (Мурманск), производство горно-шахтного оборудования (Воркута) и производство трелёвочных тракторов (Петрозаводск).

Среди отраслей химической промышленности выделяются развитием нефтеперерабатывающая промышленность (Ухта) и производство азотных удобрений (Череповец).

В современных условиях продукты нефтепереработки составляют основу мировой энергетики. По прогнозам экспертов ОПЭК нефть сохранит ведущую роль в мировом энергобалансе как минимум до 2040 года [2]. Совокупная доля нефти и газа в мировом энергобалансе по-прежнему будет составлять более половины от всех энергоресурсов (рисунок 1).

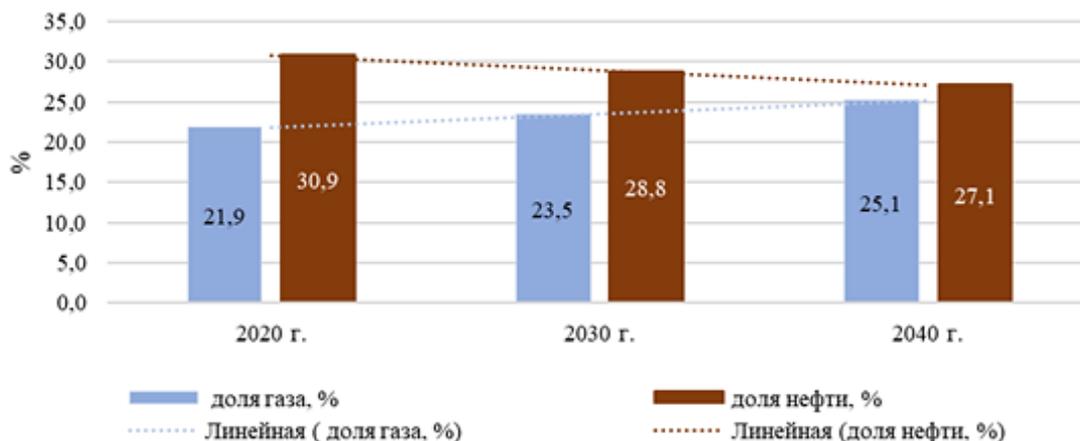


Рисунок 1 - Доля основных углеводородных ресурсов в мировом энергобалансе по прогнозам ОПЕК

Согласно прогнозам ОПЕК к 2030 году доля газа составит 23,5% (79,9 млн. баррелей нефтяного эквивалента в сутки, доля нефти - 28,8% (97,9 млн. баррелей/сутки), а к 2040 году доля нефти уменьшится до 27,1% (100,7 млн баррелей/сутки).

Основной целью нефтеперерабатывающей промышленности является производство нефтепродуктов: автомобильное, авиационное топливо, бензин, керосин, технические масла и дизельное топливо, а также сырьё для химической промышленности. В России нефтепереработкой занимается ряд нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и различные нефтеперерабатывающие предприятия (НПП) [3].

В России на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности занято около одного миллиона трудящихся, в их число входят научные работники, которые составляют всего 2,2% от общей численности занятых.

По уровню добычи нефти с учетом газового конденсата Россия занимает 2-е место в мире (вслед за США). Объемы добычи и первичной переработки нефти за последние пять лет представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 - Объемы добычи и первичной переработки нефти на НПЗ в России (данные Минэнерго)

Непосредственно в настоящее время исследователи и экологи относят нефть к одному из основных загрязнителей окружающей среды, поскольку использование ее в нефтяной промышленности ведет к высокому риску появления, как мини, так и региональных катастроф, иногда, даже, влияющие на целые регионы планеты, при этом опасность и риски проявляются на всех этапах добычи и работы с ней: начиная от проведения исследований и заканчивая конечной переработкой и отгрузкой потребителю.

К основным причинам негативного влияния оказанного загрязнения нефти на общие биологические объекты, что в основном выделяется исследователями для анализа, относится токсическое влияние и дальнейшие физико-химические свойства содержащихся углеводородов в нефти. К дополнительным воздействиям, которые происходят при работе нефтяной промышленности, относится общее усиление неблагоприятного эффекта парникового эффекта, выпадение на разных участках кислотных дождей, загрязнение и приведение в негодность различного рода водоемов, почв и растений, которые находятся на этих участках, что по итогу ведет к общему снижению биоразнообразия на территориях самого разного масштаба [4].

Нефтяная промышленность в своем развитии ведет к созданию большего количества риска в целом для природы и окружающей среды, и при бездумном расширении и применении новых не до конца исследованных технологий, зачастую не оценивающих возможный экоущерб, может привести к появлению разных негативных последствий на самых разных уровнях, где в цепочке вода, воздух, почва, растения, будут страдать все живое и сущее на планете в целом.

Библиографический список:

1. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А. и др. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты экосистемы // *Агрохимия*. 2016. № 28. С. 56-61.
2. Ежегодный обзор World Oil Outlook / Электронный ресурс // Режим доступа: http://www.opec.org/opec_web/en/publications/340.htm
3. Кузнецов В.П., Романовская Е.В., Шабаров А.А. Становление и развитие нефтеперерабатывающей промышленности // *Московский экономический журнал*. – 2020. – №. 5.
4. Мирсиянова Л. Р. Влияние негативного воздействия объектов нефтеперерабатывающей промышленности на окружающую среду // *Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования*. – 2020. – С. 22-25.

**Энергоэффективная технология получения наноразмерных систем для
опто - и наноэлектроники**

Кадомцева А.В., Гилева С.С.

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России, г. Нижний Новгород

Аннотация. Германий является важным элементом и широко применяется в полупроводниковой и электротехнической промышленности, например, в качестве материала для изготовления инфракрасных детекторных устройств, в волоконной оптике, электронных устройствах, солнечных батареях и других областях.

В связи с растущим потреблением данного элемента в различных областях увеличивается спрос на особо чистый германий.

Установлено, что использование гибридного катализатора восстановления тетрахлорида германия водородом позволяет снизить температуру проведения реакции и достичь конверсии по тетрахлориду германия на уровне 95.7% при 873 К.

Ключевые слова: электроэнергетика, оптоэлектроника, наночастицы германия, катализ.

Целью исследования является разработка эффективного метода получения наночастиц германия, пригодных в субмикро- и нанопластики, а также для создания новых функциональных фотонных материалов, для элементов солнечных батарей.

Предлагаемый подход имеет потенциальную технологическую реализацию и может позволить существенно уменьшить толщину полупроводниковых солнечных элементов при сохранении требуемых свойств, что снизит их стоимость.

В настоящее время германий находит широкое применение в микро- и наноэлектронике, фотовольтаике, а также в современной полупроводниковой промышленности. Мировое потребление германия увеличивается с каждым годом, стоимость германия находится на достаточно высоком уровне, порядка 2000 \$/кг. Таким образом, остро стоит вопрос о снижении себестоимости германия, а также увеличение промышленной и экологической безопасности его производства [1].

В настоящее время существует несколько технологий получения германия.

Германий получают с применением нескольких технологий. Традиционные методы осаждения германия на подложку включают химическое осаждение из паровой фазы (CVD-метод) дигермана, германа и осаждение из паровой фазы германа в плазме (13.56 МГц). В качестве прекурсоров используют герман или дигерман, разбавленные водородом. Кроме того, известны работы по получению германия реакцией диспропорционирования дийодида германия (GeI_2). Недостатками указанных методов получения германия являются токсичность и нестабильность германа и дигермана, а йод является химически активным элементом.

Для изучения кинетики каталитического восстановления тетрахлорида германия водородом была использована экспериментальная установка, подробное описание которой приведено в работе [2]. Процесс каталитического восстановления тетрахлорида германия включает в себя следующие основные стадии: осушка компонентов парогазовой смеси, приготовление реакционной парогазовой смеси, химическое взаимодействие реагентов парогазовой смеси в реакторе, хроматографический и хромато-масс-спек-трометрический анализы полученного синтез-газа, обезвреживание продуктов синтез-газа.

В ходе работы разработан каталитический метод восстановления тетрахлорида германия водородом, позволяющий снизить температуру процесса с 973К до 423К и сократить количество стадий получения германия, а также процесс получения катализатора [3].

В ходе эксперимента температура реактора варьировалась в интервале от 423 до 1073К. Нагрев осуществлялся электронагревателем подключенным к пропорционально-интегрально-дифференциальному регулятору для поддержания выбранного температурного режима.

Тетрахлорид германия подавался в реактор путем барботирования водорода через тетрагидрид германия. В работе использовался тетрагидрид германия (99.999 %) и водород (99.9999 %) с примесями воды и кислорода на уровне 0.1 и 15 ppm, соответственно. Блок подготовки газов обеспечивает возможность установки расходов газа-носителя (от 5 до 75 мл/мин) в двух линиях при установлении рабочего давления 0.3МПа (3.0 кгс/см²), водорода (от 5 до 75 мл/мин); при установлении рабочего давления 0.1МПа (1.0 кгс/см²), воздуха (от 20 до 600 мл/мин); при установлении рабочего давления 0.15МПа (1.5 кгс/см²).

Система накопления, предназначенная для сбора продуктов реакции, состоит из накопительного баллона, помещенного в криостат, где в качестве хладагента используется жидкий азот. Накопительный баллон снабжен системой экстренного сброса продуктов, системой отбора проб и подсоединен к вакуумной системе. Вакуумная система служит для скачивания продуктов реакций из отдельных узлов системы. Кассетный фильтр, заполнен абсорбентом (активированный уголь, гидроксид калия), разлагающий хлориды. В качестве системы отбора использовались ампулы для хроматографического анализа состава реакционной смеси.

Установлены кинетические характеристики восстановления тетрагидрида германия водородом в отсутствие катализатора ($E_a=48.5\text{кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$, $n=0$).

По данным газохроматографического анализа были получены зависимости изменения концентрации тетрагидрида германия от температуры.

Установлено, что восстановление тетрагидрида германия водородом на различных катализаторах протекает в разных температурных интервалах и с различной конверсией по тетрагидриду германия.

В ходе исследования определена скорость каталитического восстановления тетрагидрида германия водородом, найдены эффективная энергия активации в зависимости от природы катализатора. Установлено, что катализатор имеет кажущуюся энергию активации на 43 кДж·моль⁻¹ меньше в сравнении с некаталитическим способом проведения реакции. Предложена схема каталитического восстановления тетрагидрида германия водородом на поверхности катализатора.

Библиографический список:

1. Кадомцева А.В., Обьедков А.М., Семенов Н.М., Каверин Б.С., Гусев С.А. Получение и исследование влияния катализатора на основе зольных микросфер с покрытием из пиролитического вольфрама на процесс получения металлического германия. Журнал прикладной химии. 2016. Т.89. Вып.11. С.1428-1437. [Kadomtsev A.V., Ob'edkov A. M., Semenov N. M., Kaverin B.S., Gusev S. A. Synthesis of Catalyst Based on Sol Microspheres Coated with Pyrolytic Tungsten and Study of Its Influence on Production of Metallic Germanium. Russian Journal of Applied Chemistry, 2016, Vol. 89, No. 11, pp. 1795–1803. DOI: 10.1134/S1070427216110100. EID: 2-s2.0-85013641759]
2. Кадомцева А.В., Обьедков А.М. Восстановление GeCl₄ в присутствии катализатора на основе модифицированного NiCl₂. Неорганические материалы, 2017, том 53, № 12. DOI: 10.7868/S0002337X17120144. [Kadomtseva A. V., Ob'edkov A. M. Reduction of GeCl₄ in the Presence of a Catalyst based on Modified NiCl₂. Inorganic Materials, 2017, Vol. 53, No. 12. p.1312-1318. DOI: 10.1134/S0020168517120056. EID: 2-s2.0-85035093292]
3. Кадомцева А.В., Обьедков А.М., Семенов Н.М., Каверин Б.С., Кремлев К.В., Гусев С.А., Юнин П.А. Сравнительный анализ катализаторов реакции получения германия при восстановлении тетрагидрида германия водородом. Неорганические материалы, 2018, Вып. 54, № 10. С. 1027–1032. DOI: 10.1134/S0002337X18100081. [Kadomtseva A.V., Ob'edkov A.M., Semenov N.M., Kaverin B.S., Kremlev K.V., Gusev S.A., Yunin P.A. A Comparative Analysis of Catalysts for the Preparation of Germanium through Hydrogen Reduction of Germanium Tetrachloride. Inorganic Materials, 2018, Vol. 54, No. 10. pp. 971–976. DOI: 10.1134/S0020168518100084].

Сравнительный анализ вездеходов для лесного комплекса

Чемшикова Ю.М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Аннотация: в данной статье речь пойдет о колесных вездеходах, шины которого широко рассмотрены и проанализированы по техническим показателям и проходимости по трудно доступным местам, которые можно использовать для нужд лесничеств и лесопарков, а также для решения задач лесопромышленных предприятий, занимающихся заготовкой древесины и лесовосстановлением.

Ключевые слова: колесные вездеходы, шины, лесные шины, почвогрунт.

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 CTL-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 грузоподъемности (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 использовать ограниченно, если они не работают с гусеничными лентами. Использование радиальных шин, усиленное применение широких шин, при необходимости низкопрофильные конструкции, 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 *Bogieachsaggregaten* 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 дороге допустимая ширина возвышались. Размеры трелёвочного волока 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 средоошающего 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.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Б		Михайлов Д.А.	74
Базарова А.М.	5	Михитаров А.Р.	42
Бакланова М.А.	100	Моторина Н.П.	12
Белоконь А.В.	8		
Бурмистрова О.Н.	66		
В		Н	
Веряскина Е.М.	80	Нор Е.В.	44
Внуков Д.И.	44	Нор Е.В.	48
Высоцкая Н.В.	84		
Г		П	
Гилева С.С.	100, 103	Пичко Н.С.	74
Григорьева Т.А.	98	Подвигин К.А.	52
Грунковой Т.В.	48, 63	Полетаев С.В.	24, 32
Д		Поликарпова М.В.	56
Дементьев И.А.	11	Потапов Ю.А.	58
Долгополов И.В.	11		
З		С	
Зуева И.Л.	92	Саприн С.В.	61
И		Свойкин В.Ф.	77
Иванова Е.С.	87	Свойкин Ф.В.	77
К		Семьяшкина Е.И.	26
Каганяк Д.С.	15	Старцев А.Э.	24, 30
Кадомцева А.В.	100, 103	У	
Калинцев Д.А.	87	Уляшев А.Е.	30
Коломинова М.В.	69		
Коптяев Д.Л.	92	Ф	
Король С.А.	71	Фатхуллин К.Д.	63
Коротков Ю.В.	18	Филиппова О.В.	74
Костина В.С.	100	Х	
Кривошеев А.А.	66	Хабарова З.В.	98
Кряжева Е.Ю.	50		
М		Ч	
Манов А.А.	21	Чемшикова Ю.М.	105
Миронюк А.В.	95	Ш	
Михайлов А.Н.	74	Ширков А.Е.	32
		Шичев П.С.	8, 35
		Щ	
		Щетинин Е.В.	38