

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

---



М. А. Засовская  
(И. О. Фамилия)

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Механика деформируемого твердого тела»

Кафедра механики

Научная специальность 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Форма обучения: очная

Курс(ы) 4

Год начала подготовки 2024


Рабочая программа по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела» разработана в соответствии с приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)», учебным планом, одобренным ученым советом университета от 28.02.2024, протокол № 03.

Разработчик:

Зав. кафедрой механики, к.т.н.



В.Л. Савич

Рассмотрено на заседании					
кафедры			совета направления подготовки/специальности		
Дата, номер протокола	ФИО зав. кафедрой	Подпись зав. кафедрой	Дата, номер протокола	ФИО председателя совета	Подпись председателя совета
Протокол от 23.04.2024 № 11	Савич В.Л.				

Согласовано:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент, зав. кафедрой



В. Л. Савич

## **Аннотация рабочей программы по дисциплине**

### **Механика деформируемого твердого тела**

#### **Цель преподавания дисциплины**

–приобретение и закрепление аспирантами теоретических знаний и практических навыков по механике деформируемого тела и формирование современных представлений об анализе напряженно-деформированного состояния элементов конструкций и узлов сооружений и коммуникаций, объектов в различных областях отрасли.

–овладение теоретической базой и научными основами расчета, напряжений и деформаций в конструкциях, в том числе объектах, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

– овладение практическими навыками расчета напряженного и деформированного состояния в элементах конструкций, в том числе с мартенситными превращениями.

#### **Задачи изучения**

– установление законов деформирования, повреждения и разрушения материалов;

– разработка методов постановки и методов решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твёрдых тел различной природы при разнообразных воздействиях;

– установление новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;

– решения технологических проблем деформирования и разрушения, а также предупреждение недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения.

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

### **1.1. Цель преподавания дисциплины:**

–приобретение и закрепление аспирантами теоретических знаний и практических навыков по механике деформируемого тела и формирование современных представлений об анализе напряженно-деформированного состояния элементов конструкций и узлов сооружений и коммуникаций, объектов в различных областях отрасли.

–овладение теоретической базой и научными основами расчета, напряжений и деформаций в конструкциях, в том числе объектах, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

– овладение практическими навыками расчета напряженного и деформированного состояния в элементах конструкций, в том числе с мартенситными превращениями.

### **1.2. Задачи изучения:**

- установление законов деформирования, повреждения и разрушения материалов;
- разработка методов постановки и методов решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твёрдых тел различной природы при разнообразных воздействиях;
- установление новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;
- решения технологических проблем деформирования и разрушения, а также предупреждение недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*Иметь представление о:*

- структуре курса МДТТ, его содержании;
- теории напряжённно-деформированного состояния;
- теории упругости;
- теории пластичности;
- теории ползучести;

*знать:*

- знать свойства тензоров напряжений и деформаций;
- уравнения равновесия;
- уравнения совместимости деформаций;
- постановку краевой задачи.

*уметь:*

- выявлять условия деформирования и закономерности протекания деформации в элементах конструкции;
- внедрять расчётные технологии анализа напряжённно-деформируемого применительно к исследуемым конструкциям и объектам.

*Владеть:* расчётно-теоретической базой и научными основами прогноза напряжённно-деформируемого состояния объекта.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

2.1. Перечень дисциплин, усвоение которых аспирантами необходимо для изучения данной дисциплины: механика сплошных сред, сопротивление материалов, теория упругости, теория пластичности; нелинейные задачи механики деформируемого твердого тела, математические модели механики деформируемого твердого тела, обратные задачи механики деформируемого твердого тела.

2.2. Перечень дисциплин, изучение которых базируется на материале данной дисциплины:  
*рассматриваемая дисциплина является завершающим этапом обучения аспиранта*

### 3. Структура и содержание дисциплины:

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

#### 3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Всего часов	Контакт	В том числе				СРС	Консультации	Контроль	Экзамен	Зачет
		Лекции	Лабор.	Практ. занят	АК					
144	46	18	6	18	2	44	2	54	+	-

## 3.1.1.Объем часов и зачетных единиц по дисциплине

Наименование раздела (модуля) Наименование темы дисциплины	Всего часов	Аудиторные занятия	в том числе			СР
			лекции	Практические	лабораторные	
1	2	4	5	6	7	8
Тема 1. Механика и термодинамика сплошных сред.	23	12	6	6	-	11
Тема 2. Теория упругости	22	11	4	4	3	11
Тема 3. Теория пластичности.	22	11	4	4	3	11
Тема 4. Пластическое плоское деформированное состояние.	19	8	4	4	-	11
<b>ИЗ</b>	<b>2</b>	×	×	×	×	×
<b>АК</b>	<b>2</b>	×	×	×	×	×
<b>Контроль</b>	<b>54</b>	×	×	×	×	×
<b>Всего часов</b>	<b>144</b>	<b>42</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>44</b>
<b>Зачетных единиц</b>	<b>4</b>	×	×	×	×	×

3.1.2. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий (по семестрам)

№ тем ы	Наименование темы	Основное содержание темы	Количество часов
1	2	3	4
1	Математическое введение	Пространства Соболева. Нелинейные функционалы. Общие свойства	1
2	Задачи минимизации. Необходимые и достаточные условия минимума	Простейшие свойства задач минимизации.	1
3	Существование решений. Случай гильбертова пространства	Доказательство существования решений	1
4	Тензор напряжений. Тензор деформаций. Термодинамика деформирования	Определение и свойства тензоров напряжений и деформаций. Введение в термодинамику	1
5	Закон Гука. Уравнения равновесия.	Тензор модулей упругости. Различные виды формулировок задач равновесия	8
6	Жесткие перемещения. Неравенства Корна	Первая, смешанная краевая задача. Определение и свойства инфинитезимальных жестких перемещений. Вывод первого неравенства Корна	2
7	Вариационные формулировки краевых задач.	Доказательство существования решений. Единственность. Свойства решений	1
8	Основы теории пластин	Вывод уравнений равновесия пластин. Формулировка краевых задач. Неравенства коэрцитивности. Формулы Грина.	1
9	Функционалы Лагранжа и Кастильяно. Двойственные задачи	Доказательство принципа Кастильяно	1
10	Краевые задачи с условиями непроникания	Контактная задача Синьорини. Контактная задача для пластины. Эквивалентные формулировки. Доказательство разрешимости. Свойства решения. Задачи с неравенствами на границе. Математическая модель трещины. Формулировка задачи. Свойства решения.	1
<b>Всего</b>			<b>18</b>

### 3.1.3. Наименование тем (вопросов), выделенных для самостоятельной работы аспирантов

Но- мер темы	Наименование темы (вопроса)	Основное содержание темы (вопроса)	Литера- тура	Часы
1.	Задачи минимизации. Необходимые и достаточные условия минимума	Примеры простейших свойств задач минимизации.	ОЛ-1 ОЛ-2 ДЛ-1 М-1	11
2.	Уравнения совместности. Формулировка краевых задач.	Модуль Юнга. Вторая смешанная краевая задача	ОЛ-1 ОЛ-2 ДЛ-1 М-1	11
3.	Основы теории пластин	Существование и единственность решений. Уравнения пологих оболочек.	ОЛ-1 ОЛ-2 ДЛ-1 М-1	11
4.	Краевые задачи с условиями Непроникания	Краевые условия. Трещины в пластинах. Вывод условий непроникания	ОЛ-1 ОЛ-2 ДЛ-1 М-1	11
	<b>Итого</b>			<b>44</b>

#### Примечание.

В графе "Литература" приводятся номера учебников, учебных и методических пособий согласно разделам 4.1 и 4.2

### 3.1.4. Наименование тем, их содержание, объем в часах практических занятий (по семестрам)

№ темы	Наименование темы	Основное содержание темы	Количество часов
1	2	3	4
1	Математическое введение	Примеры нелинейных функционалов. Выводы, свойства решения.	1
3	Существование решений. Случай гильбертова пространства	Поиск и доказательство существования решений.	1
4	Тензор напряжений. Тензор деформаций. Термодинамика деформирования	Решение задач на определение и свойства тензоров напряжений и деформаций. Понятие о термодинамике	2
5	Закон Гука. Уравнения равновесия. Уравнения совместности	Рассматривание примеров решения задач для тензоров модулей упругости. Различные виды формулировок	8



№ темы	Наименование темы	Основное содержание темы	Количество часов
1	2	3	4
		задач равновесия	
6	Формулировка краевых задач. Жесткие перемещения. Неравенства Корна	Смешанные краевые задачи. Определение и свойства инфинитезимальных жестких перемещений.	1
7	Вариационные формулировки краевых задач.	Доказательство существования решений. Единственность. Свойства решений	1
8	Основы теории пластин	Примеры неравенства коэрцитивности. Формулы Грина. Существование и единственность решений. Уравнения пологих оболочек.	1
9	Функционалы Лагранжа и Кастильяно. Двойственные задачи	Доказательство принципа Кастильяно. Примеры задач по теме.	1
10	Краевые задачи с условиями непроникания	Задачи с неравенствами на границе. Математическая модель трещины. Формулировка задачи. Свойства решения. Краевые условия.	1
<b>Всего</b>			<b>18</b>

### 3.1.5. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

№№	Наименование	Количество часов
1	Исследование деформационной структуры материала и изделия при упругопластической деформации	3
2	Исследование деформационной структуры материала и изделия при упругопластической деформации в рамках структурно-волновой теории	3

### 3.2. Перечень тем курсовых проектов (работ)

Не предусмотрены учебным планом.

### 3.3. Перечень тем контрольных работ

Не предусмотрены учебным планом.

### 3.4. Перечень тем рефератов

Не предусмотрены учебным планом.

### 3.5. Перечень тем РГР

Не предусмотрены учебным планом.

### 3.6. Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении учебных занятий

Вид занятий (лекции, практические, лаборатор- ные)	Тема	Интерак- тив	Количество часов
<b>Лекции</b>	Тензор напряжений. Тензор деформаций.	Дискуссия	1
	Закон Гука. Уравнения равновесия.		2
	<b>ИТОГО</b>		<b>3</b>

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

#### 4.1. Основная и дополнительная литература

№№ п-п	Автор и наименование	Вид по- со- бия	Год из- дания	Кол-во экз. в биб- лиотеке
основная литература:				
ОЛ-1	Лурье А.И. Теория упругости / А. И. Лурье. - Москва : Наука, 1970. - 939 с	УП	1970	3 <a href="http://lib.ugtu.net/book/2588">http://lib.ugtu.net/book/2588</a> 2
ОЛ-2	Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. - 10-е издание, перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. - 592 с.	У	199	<a href="https://www.tychina.pro/%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8/">https://www.tychina.pro/%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8/</a>
дополнительная литература:				
ДЛ-1	Механические свойства материалов с эффектом памяти формы при сложном температурно-силовом воздействии и ортогональном нагружении : Монография / Иван Николаевич Андронов [и др.]. - Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета	Др.	2010	1 <a href="http://lib.ugtu.net/book/1891">http://lib.ugtu.net/book/1891</a>

#### 4.2. Методические пособия и указания

№№ п-п	Наименование	Год Издания	Кол-во экз.
М-1	Кучерявый В. И. Теория упругости: Учебное пособие. – Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета.	2011	89 <a href="http://lib.ugtu.net/book/539">http://lib.ugtu.net/book/539</a> Л 86

### 5. Программнообеспечение и Интернет-ресурсы

5.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru)- Образовательный математический сайт.

2. <http://lib.ugtu.net/books> - Учебно-методические пособия университета (ВЭБС УГТУ)

5.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

*Вычислительная техника:* ноутбук DellVostro 1015 (ауд. 104 Л); персональные компьютеры 10 шт. (ауд. 117 Л).

*Программное обеспечение, в т.ч.:*

- для выполнения технологических расчетов и письменных работ: «MicrosoftOffice 2007», «MicrosoftExcel 2007»;
- для математических и инженерных вычислений: «Matlab», «Mathematica»;
- для компьютерной демонстрации презентаций: «MicrosoftPowerPoint2007»;

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Для контроля знаний аспирантов по данной дисциплине преподаватель осуществляет промежуточный контроль.

Промежуточный контроль (экзамен) осуществляется в виде собеседования в устной или в письменной форме по вопросам изучаемой дисциплины (приложение).

Фонд оценочных средств приведен в приложении .

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине производится на базе обычных учебных аудиторий и специализированных лабораторий. Для выполнения СР могут использоваться компьютерные классы.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### «Механика деформируемого твердого тела»

#### 1. Перечень компетенций и этапы их формирования

	Результаты освоения	Этапы формирования (курс/раздел/тема дисциплины)
<b>Знать</b>	<p>Основные виды напряжённо-деформируемого состояния тела, их свойства и характеристики, а также виды нагрузок и их характеристики.</p> <p>Основные величины механики деформированных состояний, конструкции, устройства и параметры работы разных видов механизмов и машин, а также показатели их экономической эффективности.</p> <p>Законы поведения материалов под действием разных видов нагрузок и методы их моделирования.</p> <p>Современные методы моделирования механических процессов и явлений, а также методы их расчета.</p>	<p>Тема 1. Механика и термодинамика сплошных сред.</p> <p>Тема 2. Теория упругости</p> <p>Тема 3. Теория пластичности.</p> <p>Тема 4. Пластическое плоское деформированное состояние.</p>
<b>Уметь</b>	<p>Составлять необходимые математические выражения характеризующих процесс деформации, а также получать их графики.</p> <p>Обобщать результаты расчётов и давать краткую характеристику созданных объектов на основе современных научных знаний.</p> <p>Сочетать аналитический и экспериментальный подходы при поиске новых моделей напряжённо-деформированного состояния.</p> <p>применять на практике методы математического моделирования напряжённо-деформируемого состояния материалов.</p>	<p>Тема 1. Механика и термодинамика сплошных сред.</p> <p>Тема 2. Теория упругости</p> <p>Тема 3. Теория пластичности.</p> <p>Тема 4. Пластическое плоское деформированное состояние.</p>
<b>Владеть</b>	<p>Опытом экспериментальных и лабораторных исследований.</p> <p>Опытом получения положительных результатов использования моделирования при исследовательской работе.</p> <p>Методами математического анализа напряжённо-деформируемого состояния материалов.</p>	<p>Тема 1. Механика и термодинамика сплошных сред.</p> <p>Тема 2. Теория упругости</p> <p>Тема 3. Теория пластичности.</p> <p>Тема 4. Пластическое плоское деформированное состояние.</p>

## 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые дидактические единицы (разделы, темы) дисциплины	Форма контроля	Наименование оценочного средства
1	Тема 1	экзамен	Вопросы к экзамену
2	Тема 2	экзамен	Вопросы к экзамену
3	Тема 3	экзамен	Вопросы к экзамену
4	Тема 4	экзамен	Вопросы к экзамену

## 3. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Показатели сформированности	Шкала оценивания	Критерии оценивания
2	3	4
<b>знать:</b> – знать свойства тензоров напряжений и деформаций; – уравнения равновесия; – уравнения совместимости деформаций; – постановку краевой задачи.	<b>Пороговый уровень (обязательный)</b>	<b>Знать:</b> Виды напряжённого состояния тела, виды нагрузок, их характеристики по справочным данным. Основные понятия и законы характеризующие простейшие напряжённо-деформационные состояния материалов. основные методы математического моделирования.
	<b>Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)</b>	<b>Знать:</b> дополнительно к выше перечисленному: Полученные из результатов экспериментов. Законы характеризующие более сложные напряжённые состояния (косой изгиб, изгиб с кручением).
<b>уметь:</b> – выявлять условия деформирования и закономерности протекания деформации в элементах конструкции; – внедрять расчётные технологии анализа напряжённо-деформируемого применительно к исследуемым конструкциям и объектам.	<b>Пороговый уровень (обязательный)</b>	<b>Уметь:</b> использовать конкретные физико - механические свойства материалов при математическом моделировании МДТТ. Строить математические модели напряжённых состояний тел простой формы сечения (прямоугольник, круг и др.).
	<b>Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)</b>	<b>Уметь:</b> дополнительно к выше перечисленному: также при моделировании экспериментальной установки. Выполнять моделирование напряжённого состояния тел более сложной формы сечения (кольцо, шестигранник и др.). дополнительно к выше перечисленному: применять также и экономическую сторону выбранного решения.
<b>Владеть:</b> расчётно-теоретической базой и научными основами прогноза напряжённо-деформируемого состояния объекта.	<b>Пороговый уровень (обязательный)</b>	<b>Владеть:</b> навыками лабораторного определения основных механических свойств материалов. Опытном применении математического моделирования напряжённого состояния материалов при исследовательской деятельности. структурно-аналитической теорией прочности навыками определения основных механических свойств материалов наиболее эффективными способами.

	<i>Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)</i>	<i>Владеть дополнительно:</i> Навыками использования созданных экспериментальных моделей в исследовательской работе. Опытом применения математического моделирования при создании экспериментальных моделей напряжённого состояния тела. Альтернативными способами получения результатов расчётов.
--	--------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Задания для текущего контроля и промежуточной аттестации

##### Вопросы к экзамену

по дисциплине **Механика деформируемого твёрдого тела**  
(наименование дисциплины)

1. Понятие сплошного тела. Основные принципы МДТТ. Деформация элемента сплошной среды.
2. Лагранжево и эйлерово описание деформаций и течения. Переход от Эйлерова описания к Лагранжеву и обратно.
3. Основные механические свойства твёрдых тел. Упругость, пластичность, вязкость.
4. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы.
5. Тензор напряжений Коши. Понятие главных осей и главных напряжений. Круги напряжений Мора. Понятие девиатора и шарового тензора напряжений.
6. Условия пластичности и разрушения. Критерий Сен-Венана. Критерий Мизеса. Дифференциальные уравнения равновесия и движения.
7. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Формулировка
8. Упругое деформирование твёрдых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Упругие модули изотропного тела.
9. Основные задачи статики упругого тела. Основные уравнения. Прямая и обратная задачи теории упругости.
10. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами—Митчелла в напряжениях. Граничные условия. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана.
11. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема о единственности решения. Теорема Бетти. Вариационные принципы.
12. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии. Вариационное уравнение Лагранжа.
13. Вариационный принцип Рейсснера. Метод Ритца. Метод Бубнова-Галеркина. Метод Канторовича. Метод Терффеца.
14. Плоское напряжённое и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова—Мусхелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений. Уравнения плоской задачи теории упругости в полярных координатах. Смешанная задача для полуплоскости. Задача Гриффитса.
15. Кручение и изгиб призматического тела (задача Сен-Венана). Теоремы о циркуляции касательного напряжения при кручении и изгибе. Центр изгиба.

16. Задача о действии штампа с плоским основанием на полуплоскость. Контактная задача Герца.
17. Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Полная система уравнений теории пластин и оболочек. Граничные условия. Постановка задач теории пластин и оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты. Задача о круглой симметрично нагруженной пластине.
18. Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе.
19. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение. Поверхностные волны Релея. Волны Лява.
20. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.
21. Температурные задачи теории упругости. Уравнения термоупругости.
22. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения
23. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.
24. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.
25. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения.
26. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Теория течения. Вариационные принципы теории течения.
27. Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.
28. Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное равновесие при кручении. Характеристики. Поверхность напряжений как поверхность постоянного ската.
29. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей. Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения. Методы решения основных краевых задач теории плоской пластической деформации.
30. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений.
31. Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации. Критическая скорость удара.
32. Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.
33. Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема о единственности решения.
34. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба.
35. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.

36. Установившаяся ползучесть. Уравнения состояния деформируемых тел, находящихся в условиях установившейся ползучести. Постановка краевых задач. Вариационные принципы теории установившейся ползучести: принцип минимума полной мощности, принцип минимума дополнительного рассеяния. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня.

37. Неустановившаяся ползучесть. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения. 38. Неустановившаяся ползучесть стержневой решетки. Устойчивость стержней и пластин из реономных материалов.

39. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями

40. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.

41. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Метод разложения по собственным функциям в задаче о построении асимптотик полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.

42. Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Оценка линейного размера пластической зоны у вершины трещины по Ирвину. Модель трещины Леонова—Панасюка—Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.

43. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Формула Журкова. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.

44. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.

45. Упругие оболочки. Основные понятия и гипотезы. Элементы дифференциальной геометрии срединной поверхности оболочки.

46. Деформации, напряжения, усилия и моменты в оболочках. Дифференциальные уравнения равновесия

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений**

Для контроля знаний по данной дисциплине преподаватель осуществляет промежуточный контроль.

Промежуточный контроль осуществляется в виде письменного опроса по вопросам к экзамену.

Во время ответа аспирант должен логически верно, аргументировано, четко и ясно сформулировать ответ на предложенный вопрос. При непоследовательном, сбивчивом изложении материала преподаватель может предложить аспиранту дополнительные вопросы по данной теме.

С целью формирования и развития профессиональных навыков используются инновационные образовательные технологии при сочетании аудиторной работы с внеаудиторной. Такими технологиями являются:

- Лекционная система обучения;
- Информационно-коммуникационные технологии
- Проектные методы обучения
- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение



Используемые образовательные технологии и методы должны быть направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активацию и реализацию личностного потенциала. Необходимо предусмотреть использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

При усвоении дисциплины, с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой

Предусмотрены следующие виды контроля и аттестации обучающихся при освоении дисциплины:

- Текущий контроль успеваемости;

**Текущий контроль успеваемости** обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей) и прохождения практик, он может проводиться в виде коллоквиумов, компьютерного или бланчного тестирования, письменных контрольных работ, оценки участия обучающихся в диспутах, круглых столах, деловых играх, решении ситуационных задач и т.п.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие типы контроля:

- индивидуальное собеседование
- письменные ответы на вопросы

Тестовые задания должны охватывать содержание всего пройденного материала. Индивидуальное собеседование, письменная работа проводятся по разработанным вопросам по отдельному учебному элементу программы (дисциплине).

**Важную роль при освоении дисциплины играет самостоятельная работа аспирантов. Самостоятельная работа способствует:**

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

**Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями к основной образовательной программе высшего профессионального образования.**

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

**В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:**

- Работа с конспектами лекций.
- Проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- Написание рефератов по отдельным разделам дисциплины.
- Проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- Самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса.
- Изучение обязательной и дополнительной литературы.
- Подготовка к текущему контролю знаний.

**В целях фиксации результатов самостоятельной работы аспирантов по дисциплине проводится контроль самостоятельной работы. Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра.**

**При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:**

- реферат,
- коллоквиум,
- контрольная работа,
- другие по выбору преподавателя.

**Аспирант организует самостоятельную работу в соответствии с рабочим учебным планом и графиком, рекомендованным преподавателем. Аспирант должен выполнить объем самостоятельной работы, предусмотренный рабочим учебным планом, максимально используя возможности индивидуального, творческого и научного потенциала для освоения образовательной программы в целом. Самостоятельная работа должна нацеливать аспирантов на получение навыков самостоятельной научной работы, обработки научной информации и носить поисковый характер, нацеливая аспирантов на самостоятельный выбор способов выполнения работы, на развитие у них навыков творческого мышления, инновационных методов решения поставленных задач.**

**Уровни и критерии итоговой оценки результатов освоения дисциплины**

Уровни		Критерии выполнения заданий	Итоговая оценка
1		2	3
Недостаточный		Имеет представление о содержании дисциплины, но не знает основные положения темы, раздела, к которому относится задание, не способен выполнить задание с очевидным решением.	Неудовлетворительно (незачет)
Базовый		Знает и воспроизводит основные положения дисциплины в соответствии с заданием, применяет их для выполнения типового задания, в котором очевиден способ решения	Удовлетворительно (зачет)
Повышенный	ПУ1	Знает, понимает основные положения дисциплины, демонстрирует умение применять их для выполнения задания, в котором нет явно указанных способов решения. Анализирует элементы, устанавливает связи между ними.	Хорошо
	ПУ2	Знает, понимает основные положения дисциплины, демонстрирует умение применять их для выполнения задания, в котором нет явно указанных способов решения. Анализирует элементы, устанавливает связи между ними, сводит их в единую систему, способен выдвинуть идею, спроектировать и презентовать свой проект (решение).	Отлично