



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО».

Руководитель ОП

Механика деформируемого твердого тела

(название образовательной программы)

 О.Н. Любимова

(подпись) (Ф.И.О.)

«23» декабря 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

Механики и математического моделирования

(название кафедры)

 А.А. Бочарова

(подпись) (Ф.И.О.)

«23» декабря 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Механика деформируемого твердого тела**

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика

Профиль «Механика деформируемого твердого тела»

Форма подготовки – очная

Инженерная школа

Кафедра механики и математического моделирования

курс 2 семестр 4

лекции 18 час. / 0.5 з.е.

практические занятия 18 час. / 0.5 з.е.

лабораторные работы 0 час. / 0 з.е.

с использованием МАО лек. 6 / пр. 6 . - час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1 з.е.

самостоятельная работа 126 (час.) / 3 з.е.

контрольные работы (0)

курсовая работа / курсовой проект - семестр

зачет - семестр

экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 866

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования, протокол от 24.06.2019 № 11

Заведующий кафедрой: А.А. Бочарова

Составитель: канд. физ.-мат наук., профессор кафедры механики и математического моделирования О.Н. Любимова

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» предназначена для аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, профиль «Механика деформируемого твердого тела». Трудоемкость дисциплины – 5 зачетные единицы (180 академических часов), включает в себя 18 часа лекций, 18 часа практических занятий и 126 часов самостоятельной работы. Промежуточная аттестация проводится форме экзамена в четвертом семестре. Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» входит в вариативную часть учебного плана Б1.В.ОД.4 и является обязательной дисциплиной.

**Целью** изучения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» является формирование расширенных представлений в области механики деформируемого твердого тела.

### **Задачи дисциплины:**

1. Исследовать кинематику, статику и динамику сплошной среды;
2. Изучить уравнения состояния упругих и неупругих твёрдых деформируемых тел;
3. Рассмотреть постановки и схемы решения задач механики деформируемого твёрдого тела.

**Интерактивные формы обучения** составляют 12 часов и включают в себя 6 часа лекционных занятий (проблемная лекция), 6 часов практических занятий (обсуждение доклада).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую	Знает	методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач

<p>деятельность соответствующей профессиональной области использованием современных методов исследования информационно-коммуникационных технологий</p>	в		с использованием информационно-коммуникационных технологий
	с	Умеет	планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
	и	Владеет	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой
<p>ПК - 1 самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установление законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения</p>	1	Знает	научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.
	и	Умеет	использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.
	и	Владеет	современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела
<p>ПК - 2 самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные экспериментальные методы исследований, методы математического компьютерного</p>	и	Знает	научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях
	и	Умеет	использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.

<p>моделирования к постановке и решению краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях, а также для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения</p>	<p>Владеет</p>	<p>современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>
<p>ПК - 3 овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по исследованию процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях; планировать, проведение и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.</p>	<p>Знает</p>	<p>современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных</p>
	<p>Умеет</p>	<p>использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.</p>
	<p>Владеет</p>	<p>современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: презентации, кейс-технологии, проблемные лекции, метод анализа конкретных ситуаций, метод разыгрывания ролей, метод игрового производственного проектирования, мозговой штурм, интерактивное занятие с применением видеоматериалов, и др.

Широкое применение получают методы: круглые столы (дискуссии, дебаты), тематические конференции, деловые игры, имитирующие реальные условия проведения исследования прочности строительных материалов и изделий.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(18 час., в том числе 6 час. с использованием методов активного обучения)**

### **РАЗДЕЛ 1. Общие сведения о МДТТ (8 час.)**

#### **Тема 1. Введение (2 час.)**

Сплошная среда. Однородность. Изотропность. Точка и частица сплошной среды. Деформация. Начальная и текущая конфигурации твердого тела. Лагранжево и Эйлерово описание движения твёрдого тела. Вектор перемещения. Мера деформации. Тензоры конечной деформации Грина и Альманси.

#### **Тема 2. Свойства деформаций (проблемная лекция) (2 час.)**

Тензор линейных (бесконечно малых) деформаций. Тензор линейного поворота. Вектор линейного поворота. Геометрический смысл компонент тензора линейных деформаций. Главные деформации. Девиатор тензора деформаций. Средняя (объемная) деформация. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Плоское деформированное состояние.

### **Тема 3 Напряжения. (2 час.)**

Связь тензора напряжений с вектором напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Физический смысл компонент тензора напряжений. Симметрия компонент тензора напряжения. Свойства тензора напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений. Максимальные касательные напряжения. Круги Мора. Среднее (гидростатическое) напряжение. Плоское напряженное состояние.

### **Тема 4. Начала термодинамики. (проблемная лекция) (2 час.)**

Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения момента количества движения. Симметрия тензора напряжения. Закон сохранения механической энергии. Удельная внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Уравнения состояния среды. Второй закон термодинамики. Неравенство Клазиуса – Дюгема. Замкнутая система уравнений. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия.

## **РАЗДЕЛ 2. Основы теории упругости (10 час.)**

### **Тема 1. Фундаментальные уравнения (2 час.)**

Обобщённый закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объёмного сжатия.). Система уравнений упругой однородной изотропной среды. Краевые условия. Уравнения Ламе. Единственность решения линейной задачи теории упругости. Уравнения совместности Бельтрами-Мичелла. Принцип Сен-Венана.

### **Тема 2. Плоская задача теории упругости (проблемная лекция) (2 час.)**

Плоская деформация. Плоское напряжённое состояние. Обобщенное плоское напряжённое состояние. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

### **Тема 3. Задачи сопротивления материалов (2 час.)**

Балка на двух опорах. Точное решение задачи полуобратным методом. Кручение призматических тел. Кручение призматических стержней. Решение Сен-Венана.

#### **Тема 4. Задачи динамики (2 час.)**

Одномерные линейные задачи динамической теории упругости. Численный метод Годунова. Двумерные линейные задачи динамической теории упругости. Плоская и осесимметричная задачи. Уравнения упругой среды в цилиндрических координатах.

#### **Тема 5. Линейная термоупругость (2 час.)**

Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(18 час., в том числе 6 час. с использованием методов активного обучения)**

### **Практические занятия (18/6 час.)**

#### **Занятие 1. Основные понятия и определения (2 часа).**

1. Вычисление перемещений в материальной и пространственной форме.
2. Вычисление компонент различных тензоров деформации.
3. Определение главных деформаций и главных осей.
4. Определение вектора напряжения в точке.

#### **Занятие 2. Решение задач теории упругости. (обсуждение доклада) (2 часа).**

1. Задача о полой цилиндрической трубе.
2. Задача о сплошной сфере под влиянием собственного гравитационного поля.
3. Определение напряжений в неограниченной пластине с круглым отверстием, подвергаемой на бесконечности одноосному растяжению.

#### **Занятие 3. Решение плоской задачи об изгибе балки на двух опорах (обсуждение доклада) (2 часа).**

1. Постановка задачи.

2. Выбор функции напряжений.
3. Нахождение значений функции на контуре.

**Занятие 4. Решение задачи о кручении призматических тел(2 часа).**

1. Постановка задачи.
2. Решение задачи.

**Занятие 5. Задачи термоупругости (2 часа).**

1. Напряжения в нагретом диске.
2. Напряжения в цилиндре.
3. Напряжения в шаре.

**Занятие 6. Вариационные методы в теории упругости (4 часа).**

1. Принцип возможных перемещений Лагранжа.
2. Принцип возможных сил Кастильяно.
3. Вариационный метод Рэлея-Ритца.
4. Метод Бубнова-Галеркина.
5. Метод Ритца-Лагранжа.

**Занятие 7. Решение задач теории пластичности. (обсуждение доклада) (2 часа).**

1. Задача об упруго-пластическом равновесии полого шара.
2. Задача об упруго-пластическом растяжении длиной трубы.
3. Упруго-пластическое кручение призмы произвольного поперечного сечения.
4. Упруго-пластическое кручение овального стержня.
5. Задача о вдавливании твердого штампа с плоским основанием.

**Занятие 8. Решение задач теории ползучести. (2 часа).**

1. Вывод определяющих уравнений при различных моделях ползучей среды.
2. Определение ядра релаксации для различных моделей ползучих сред.
3. Определение релаксации напряжений в болтах фланцевого соединения.



4. Установившаяся ползучесть изгибаемых балок, сечение которых имеет две оси симметрии.

### Лабораторные работы - не предусмотрены

## III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела» представлено в приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Общие сведения о МДТТ	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование, конспект	Вопросы на экзамен 1-15
			умеет		
			владеет		
2	Основы теории упругости	ПК-1, ПК-2, ПК-3	знает	Собеседование, конспект	Вопросы на экзамен 16-32
			умеет		
			владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

(печатные и электронные издания)

1. Пикуль В. В. Механика деформируемого твёрдого тела. / В. В. Пикуль. – Владивосток: Издательский дом ДВФУ, 2012. – 333 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU>
2. Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. / Г.Б. Иосилевич. - М:Альянс, 2013. - 575 с.<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:692708&theme=FEFU>
3. Евтушенко С.И. Техническая механика. Учебник. / С.И.Евтушенко. - Р-н-Д: Феникс, 2013. -348 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:694208&theme=FEFU>
4. Пикуль В.В. Механика оболочек. / В.В. Пикуль - Владивосток: Дальнаука, 2009. – 536 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:304528&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература**

(печатные и электронные издания)

1. Л.Ю. Ступишин; Под ред. С.И. Трушина. Строительная механика плоских стержневых систем: Учебное пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 278 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=443277>
2. Николаенко В.Л. Механика: Учебное пособие / В.Л. Николаенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 636 с.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=220748>
3. Арзамасов В.Б. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин, В.А. Кузнецов и др. - М.: Форум, 2008. - 272 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=149097>
4. Батиенков В.Т. Техническая механика: Учебное пособие для вузов. / В.Т. Батиенков, В.А. Волосухин, С.И. Евтушенко, В.А. Лепихова. - М.: ИЦ

<http://znanium.com/bookread.php?book=219137>

5. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов: сборник заданий для курсового проектирования [Электронный ресурс]. - Владивосток: Издательство ДВФУ, 2014.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:760995&theme=FEFU>

### **Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Научная электронная библиотека НЭБ:  
<http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>
2. Сайт «Мой сопромат»:  
<http://www.mysopromat.ru/cgi-bin/index.cgi>
3. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог:  
<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>
4. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/resource>
5. ЭБС «Консультант аспиранта»: <http://www.studentlibrary.ru/>
6. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М»: <http://znanium.com/>
7. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»:  
<http://e.lanbook.com/>
8. Деформация и разрушение материалов. Ежемесячный рецензируемый научно-технический журнал:  
[http://www.nait.ru/journals/index.php?p\\_journal\\_id=14](http://www.nait.ru/journals/index.php?p_journal_id=14)
9. Динамика, прочность и износостойкость машин. Электронный журнал.  
<http://pent.sopro.susu.ac.ru/W/ej/index.html>
10. Цифровые датчики семейства ZETSENSOR. Электронные технологии и метрологические системы: <http://www.zetlab.ru/catalog/vibrostats/>  
<https://zetlab.com/podderzhka/tsifrovyie-datchiki-semeystva-zetsensor/>
11. Leuze electronic – sensor people. Разработка, производство и сбыт оптические, индуктивных, емкостных, ультразвуковых датчиков для автоматизации исследований: <http://www.leuze-russia.ru/products/>

## VI. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. А1017 Аудитория для самостоятельной работы аспирантов, рабочих мест -15.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment №62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
2	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е605 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment №62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. Сублицензионное соглашение Blackboard №2906/1 от 29.06.2012.
3	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е604а. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов, рабочих мест - 4.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment №62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018. Сублицензионное соглашение Blackboard №2906/1 от 29.06.2012.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы с указанием адреса	Перечень основного оборудования
1	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. А1017 Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Учебная мебель на 15 рабочих мест, Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox -1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.).
2	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е604а. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.	Оборудование: Учебная мебель на 4 рабочих места, Компьютер Lenovo C360G-i3-4130T 4GB DDR3-1600 SODIMM (1x4GB) 500 GB, клавиатура, компьютерная мышь - - 3 шт; Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C-1 шт.)
3	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10,	Учебная мебель на 16 рабочих мест, Место преподавателя (стол, стул), мультимедийный проектор OptimaEX542I

	корпус Е, ауд. Е605 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	– 1 шт; аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт; колонки – 1 шт; ноутбук; ИБП – 1 шт; настенный экран; микрофон – 1 шт. Доска аудиторная.
4	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е605а Помещение для хранения и профилактики учебного оборудования	Учебная мебель на 1 рабочее место

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»  
Направление подготовки  
01.06.01 Математика и механика  
Профиль «Механика деформируемого твердого тела»  
Форма подготовки (очная)

Владивосток  
2019

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-12 недели	Проработка материала раздела 1	70 часов	Конспект лекций
2	13-18 недели	Проработка материала раздела 2	56 часов	Конспект лекций

### Методические указания по организации самостоятельной работы

Освоение материала по тематике дисциплины предполагает выполнение самостоятельной работы аспирантами, которая призвана углубить и закрепить конкретные теоретические и практические знания, полученные на аудиторных занятиях.

В рамках самостоятельной подготовки к занятиям аспиранты самостоятельно изучают вопросы по пройденным темам, используя при этом учебную литературу из предлагаемого списка, периодические печатные издания, научную и методическую информацию, базы данных информационных сетей (Интернет и др.).



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»  
Направление подготовки  
01.06.01 Математика и механика  
Профиль «Механика деформируемого твердого тела»  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2019**



**ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по дисциплине «Механика разрушения композитных материалов»**

**Формируемые компетенции**

**ОПК - 1** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области механики деформируемого твердого тела с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знает:</b> методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	Общие, но не структурированные знания методов реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	Сформированные систематические знания методов реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий

<p><b>Умеет:</b> планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	отсутствие умений	<p>Частично освоенное умение планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Сформированное умение планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>
<p><b>Владеет:</b> навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой</p>	не владеет	<p>Фрагментарное применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации, выбора методов и средств решения задач исследования, навыков работы с вычислительной техникой</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации, выбора методов и средств решения задач исследования, навыков работы с вычислительной техникой</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации, выбора методов и средств решения задач исследования, навыков работы с вычислительной техникой</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации, выбора методов и средств решения задач исследования, навыков работы с вычислительной техникой</p>
<p><b>Шкала оценивания</b> (соотношение с традиционными формами аттестации)</p>	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

**ПК - 1 самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установление законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знает:</b> научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.	Отсутствие знаний научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.	Фрагментарные знания научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.	Общие, но не структурированные знания научных основ механических явлений, применяемых для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания научных основ и механических явлений, применяемых для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.	Сформированные систематические знания научных основ и механических явлений, применяемых для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.
<b>Умеет:</b> использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	отсутствие умений использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	Частично освоенное умение использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	Сформированное умение использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.

	воздействий и процессами деформирования и разрушения.		характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	деформирования и разрушения.	
<b>Владеет:</b> современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела	не владеет современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела	Фрагментарное применение современных методов и технологий вычислительной математики и механики, компьютерных технологий, применяемых в области механики деформируемого твердого тела	В целом успешное, но не систематическое применение современных методов технологий вычислительной математики и механики, компьютерных технологий, применяемых в области механики деформируемого твердого тела	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных методов технологий вычислительной математики и механики, компьютерных технологий, применяемых в области механики деформируемого твердого тела	Успешное и систематическое применение современных методов технологий вычислительной математики и механики, компьютерных технологий, применяемых в области механики деформируемого твердого тела
<b>Шкала оценивания (соотношение с традиционными формами аттестации)</b>	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

**ПК - 2 самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях, а также для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения**

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знает:</b>	Отсутствие знаний	Фрагментарные	Общие, но не	Сформированные,	Сформированные

<p>научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>	<p>научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>	<p>знания научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>	<p>структурированные знания научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>	<p>но содержащие отдельные пробелы знания научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>	<p>систематические знания научных основ и закономерностей механических явлений, применяемых при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях</p>
<p><b>Умеет:</b> использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.</p>	<p>отсутствие умений использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в</p>	<p>Частично освоенное умение использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых</p>	<p>В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в</p>	<p>В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в</p>	<p>Сформированное умение использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного</p>

	конструкциях различного назначения.	деформаций в конструкциях различного назначения.	конструкциях различного назначения.	предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.	назначения.
<b>Владеет:</b> современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	не владеет современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	Фрагментарное применение современных методов и технологий вычислительной математики и механики, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, применяемых для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	В целом успешное, но не систематическое применение современных методов и технологий вычислительной математики и механики, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, применяемых для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных методов и технологий вычислительной математики и механики, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, применяемых для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	Успешное и систематическое применение современных методов и технологий вычислительной математики и механики, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, применяемых для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях
<b>Шкала оценивания (соотношение традиционными формами аттестации)</b>	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

**ПК - 3 овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по исследованию процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях; планировать, проведение и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знает:</b> современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных	Отсутствие знаний современных методов экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методов планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных	Фрагментарные знания современных методов экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методов планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных	Общие, но не структурированные знания современных методов экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методов планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных методов экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методов планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных	Сформированные систематические знания современных методов экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методов планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных
<b>Умеет:</b> использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и	отсутствие умений использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и	Частично освоенное умение использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение использовать экспериментальные	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение использовать экспериментальные методы	Сформированное умение использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования,

разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.	разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях	разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях	методы исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях	исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях	повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях
<b>Владеет:</b> современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	не владеет современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	Фрагментарное применение современных методов экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методов обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	В целом успешное, но не систематическое применение современных методов экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методов обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных методов экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методов обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	Успешное и систематическое применение современных методов экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методов обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов
<b>Шкала оценивания (соотношение традиционными формами аттестации)</b> с	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично



## Перечень оценочных средств

№ п/п	Контролируемые части дисциплины	Коды компетенций и планируемые результаты обучения		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретическая часть	ОПК - 1	Знает методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий	коллоквиум	вопросы для подготовки к экзамену
		ПК –1	Знает научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.		
			Умеет использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.		
		ПК -2	Знает научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях		
		ПК-3	Знает современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных		
			Умеет использовать экспериментальные методы		

			исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.		
2	Практическая часть	ОПК - 1	Умеет планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Доклад	
			Владеет навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой		
		ПК –1	Владеет современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела	Доклад	
		ПК -2	Умеет использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.	Расчетно-графические работы	
			Владеет современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях		
			ПК - 3	Владеет современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов	

# КОМПЛЕКСЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

## Вопросы для коллоквиума

по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»

(наименование дисциплины)

### Тема «Свойства деформаций»

1. Тензор линейных (бесконечно малых) деформаций.
2. Тензор линейного поворота.
3. Вектор линейного поворота.
4. Геометрический смысл компонент тензора линейных деформаций.
5. Главные деформации.
6. Девиатор тензора деформаций.
7. Средняя (объемная) деформация.
8. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Плоское деформированное состояние.

### Тема «Напряжения»

1. Связь тензора напряжений с вектором напряжения.
2. Нормальные и касательные напряжения.
3. Физический смысл компонент тензора напряжений.
4. Симметрия компонент тензора напряжения.
5. Свойства тензора напряжений.
6. Главные напряжения.
7. Инварианты тензора напряжений.
8. Девиатор напряжений.
9. Максимальные касательные напряжения.
10. Круги Мора.
11. Среднее (гидростатическое) напряжение.
12. Плоское напряженное состояние.

### Тема 4 «Начала термодинамики»

1. Закон сохранения массы.

2. Закон сохранения количества движения.
3. Закон сохранения момента количества движения.
4. Симметрия тензора напряжения.
5. Закон сохранения механической энергии.
6. Удельная внутренняя энергия.
7. Первый закон термодинамики.
8. Уравнения состояния среды.
9. Второй закон термодинамики.
10. Неравенство Клазиуса – Дюгема.
11. Замкнутая система уравнений.
12. Обратимые и необратимые процессы.
13. Абсолютная температура.
14. Удельная энтропия.

### **Вопросы для собеседования**

по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»

(наименование дисциплины)

#### **Тема «Основы теории упругости»**

1. Сформулируйте основные задачи и гипотезы теории упругости.
2. Запишите уравнения равновесия теории упругости, сформулируйте закон парности касательных напряжений
3. Что такое тензор напряжений? Главные напряжения,
5. Запишите граничные условия в напряжениях
6. Как связаны деформации и перемещения? Запишите геометрические уравнения.
7. Что такое тензор деформаций?
8. Как связаны напряжения и деформация для произвольного анизотропного тела?
9. Сформулируйте прямой и обратный закон Гука изотропного тела.

10. Запишите коэффициенты Ляме, модуль упругости, модуль сдвига, коэффициент Пуассона.
11. Сформулируйте объемный закон Гука, связь коэффициентов Ляме с модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона
12. Запишите уравнения равновесия теории упругости в перемещениях.
13. Запишите граничные условия в перемещениях.
14. Чем отличаются кинематические и статические граничные условия?
17. Запишите систему уравнений теории упругости в напряжениях.
18. Сформулируйте плоскую задачу теории упругости
21. Запишите уравнения равновесия плоской задачи теории упругости
22. Запишите геометрические уравнения плоской задачи теории упругости
23. Сформулируйте законы Гука для плоского напряженного состояния и плоской деформации.
24. Сформулируйте бобщенный закон Гука плоской задачи теории упругости.

### **Темы докладов**

по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»

(наименование дисциплины)

1. История механики деформируемого твердого тела
2. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела
3. Нормативные документы в области механических испытаний конструкционных материалов
4. Тензоры.
5. Вариационные методы в теории упругости

6. Задача об упруго-пластическом равновесии полого шара.
7. Задача об упруго-пластическом растяжении длиной трубы.
8. Упруго-пластическое кручение призмы произвольного поперечного сечения.
9. Упруго-пластическое кручение овального стержня.
10. Задача о вдавливании твердого штампа с плоским основанием.

## Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела»

(наименование дисциплины)

### Задание 1.

1. Задано поле перемещений в лагранжевой системе координат, являющейся в начальный момент декартовой прямоугольной:

$$w_1 = (1 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2) e^{-7-t};$$

$$w_2 = (1 - x_3^2) e^{-2-t};$$

$$w_3 = (1 - x_2^2 - x_3^2) e^{-7-t};$$

$$U_1 = w_1 = (1 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2) e^{-7-t};$$

$$U_2 = w_2 = (1 - x_3^2) e^{-2-t};$$

$$U_3 = w_3 = (1 - x_2^2 - x_3^2) e^{-7-t};$$

2. Дан тензор напряжений и направляющий вектор:

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 10^6 & 0.5 \cdot 10^6 & 0.15 \cdot 10^6 \\ 0.5 \cdot 10^6 & 2 \cdot 10^6 & 0.1 \cdot 10^6 \\ 0.15 \cdot 10^6 & 0.1 \cdot 10^6 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{v} = (0.8, \quad 0.1, \quad 0.5)$$

3) По исходным данным определить:

а) Тензор деформации Грина, деформации Коши, вращений Коши.

б) Изменения длины линейных элементов локального базиса.

в) Изменение направления векторов локального базиса.

г) Изменение углов между векторами локального базиса.

д) Главные компоненты тензора деформации Коши и главные оси деформации (построить).

е) Инварианты тензора деформации Грина.

ж) Объёмную деформацию.

з) Шаровой тензор и девиатор тензора деформаций.

и) Интенсивность линейных деформаций, интенсивность деформаций сдвига, октаэдрическую деформацию сдвига.

к) Скорость деформаций, интенсивность скоростей деформаций.

л) Проверить условия сплошности.

4) Для тензора напряжений определить:

а) Главные напряжения, направление главных осей тензора напряжений.

б) Экстремальные касательные напряжения. Построить площадки, на которых действуют максимальные касательные напряжения.

в) Октаэдрические касательные напряжения.

г) Шаровой тензор и девиатор тензора напряжений.

д) Интенсивность напряжений, интенсивность касательных напряжений.

е) Для площадки заданной направляющим вектором  $\mathbf{v}$  найти компоненты полного напряжения, величины нормального и касательного напряжений, угол между напряжением и нормалью к площадке.

## **Задание 2.**

1. Построить решение задачи о кручении стержней эллиптического сечения с применением вычислительного комплекса MAPLE.

2. Построить решение задачи плоской деформации для определенной геометрии выреза с применением вычислительного комплекса MAPLE.

3. Построить решение простейших контактных задач с применением вычислительного комплекса MAPLE.

4. Построить решение задачи об определении усилий, напряжений и деформаций в элементах, работающих на растяжение и сжатие

## ЗАЧЕТНО-ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Вопросы для подготовки к экзамену

1. Лагранжев и эйлеров способы описания движения сплошной среды. Траектория частицы. Закон движения. Перемещение, скорость, ускорение. Полная, частная и конвективная производные по времени.

2. Меры деформаций Коши и Грина. Лагранжев и эйлеров тензоры конечных деформаций. Их связь с перемещениями. Тензор малых деформаций. Тензор вращения. Дисторсия. Вектор линейного поворота. Соотношения Коши.

3. Перемещение абсолютно твёрдого тела. Условия совместности деформаций в интегральной форме. Условия совместности Сен-Венана. Условия сплошности многосвязных и неоднородных тел.

4. Физический смысл компонент тензора деформаций. Главные деформации и главные направления и их физический смысл.

5. Определение тензора скоростей деформаций.

6. Объёмные, массовые и поверхностные силы. Главный вектор и главный момент сил. Равновесие элементарного тетраэдра. Вектор напряжений. Тензор напряжений Коши. Распределение усилий на поверхности элементарного кубика. Нормальное и касательное напряжения на площадке. Главные напряжения и главные площадки в точке.

7. Закон сохранения массы в дифференциальной и интегральной формах. Уравнение неразрывности.

8. Закон сохранения количества движения (импульса). Уравнения движения сплошной среды. Закон сохранения момента количества движения. Симметрия тензора напряжений.

9. Максимальные касательные напряжения и площадки, на которых



они реализуются. Круги Мора. Октаэдрические площадки. Среднее (гидростатическое) напряжение. Интенсивность напряжений. Частные случаи напряженного состояния.

10. Поверхность напряжений.

11. Тензор Пиола-Кирхгофа. Тензор Кирхгофа.

12. Закон сохранения механической энергии. Теорема "живых сил". Массовый приток тепла. Вектор потока тепла. Удельная внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Локальное уравнение энергии.

13. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса-Дюгамеля. Закон Фурье.

14. Зависимые и независимые термодинамические параметры состояния. Удельная свободная энергия Гельмгольца.

15. Термодинамика неравновесных процессов. Изотермический и адиабатический неравновесные процессы. Гипотеза локального равновесия. Локальное представление законов термодинамики.

16. Определяющие соотношения линейно упругого тела. Обобщённый закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объёмного сжатия.

17. Закон Гука для изотропного тела в прямой и обратной формах. Физический смысл упругих постоянных и область их изменения. Статические, квазистатические и динамические постановки начально-краевых задач теории упругости. Теорема единственности статической задачи.

18. Уравнения Ламе. Постановка в перемещениях. Уравнения Бельтрами – Мичелла.

19. Плоская задача теории упругости. Плоское деформированное состояние. Функция Эйри. Плоское напряжённое и обобщённое плоское напряжённое состояния.

20. Применение теории функций комплексной переменной. Формулы Лява. Комплексные потенциалы. Формула Колосова – Мусхелишвили.

21. Линейная термоупругость. Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

22. Динамические задачи теории упругости. Теорема Гельмгольца. Волновые уравнения для потенциалов. Два типа волн в неограниченной упругой среде. Плоские волны. Решение Даламбера.

23. Отражение плоской волны от свободной поверхности и от жесткой стенки.

24. Поверхностные волны Релея. Волны Лява.

25. Поверхности разрывов. Ударные волны. Геометрические, кинематические и динамические условия совместности. Соотношение Адамара.

26. Плоская автомодельная задача.

27. Условие (критерий) текучести. Критерий текучести Треска (теория максимального касательного напряжения). Предел текучести на сдвиг и растяжение.

28. Теория течения. Теория упругопластической деформации. Параметр Генки. Теория пластического течения. Уравнения Прандтля – Рейса.

29. Плоская задача теории пластичности. Линии скольжения и их свойства. Уравнения Генки. Телеграфное уравнение.

30. Теория наследственности. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации. Наследственные модели. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.

31. Теория наследственности. Ядро релаксации и ядро ползучести. Модель Максвелла. Модель Кельвина – Фойхта. Обобщенные модели. Принцип соответствия Вольтера.

32. Модели вязкопластических сред. Определяющие уравнения Шведова – Бингама. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.

33. Ползучесть элементов конструкций.