



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

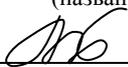
«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Бочарова А.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)  
«24» января 2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Механики и математического моделирования  
(название кафедры)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Бочарова А.А.  
(Ф.И.О. зав. каф.)  
«24» января 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Модели сплошных многокомпонентных сред**

**Направление подготовки 15.04.03 Прикладная механика**

(Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг)

**Форма подготовки очная**

курс 1, семестр 1

лекции 36 (час.)

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 12/пр. 12/лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 (час.)

в том числе с использованием МАО 24 час.

самостоятельная работа 72 (час.)

курсовая работа / курсовой проект: не предусмотрен

зачет: не предусмотрен

экзамен: 1 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального образовательного стандарта, (ФГОС) утвержденным приказом Минобрнауки от 28.02.2018 г. № 143

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Механики и математического моделирования, протокол № 5 от «24» января 2020 г.

Заведующая кафедрой А.А. Бочарова

Составитель - доктор физ.-мат. наук, доцент Н.А. Луценко

**Владивосток**  
**2020**

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Цели и задачи освоения дисциплины**

Учебная дисциплина «Модели сплошных многокомпонентных сред» предназначена для студентов 1 курса, обучающихся по направлению 15.04.03 «Прикладная механика», магистерская программа «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов». Дисциплина входит в число обязательных дисциплин вариативной части профессионального цикла. Дисциплина «Модели сплошных многокомпонентных сред» логически и содержательно связана с такими курсами как «Моделирование процессов теплообмена», «Вычислительные методы в прикладной механике», «Вычислительная гидродинамика», «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (36 часов), самостоятельная работа студента (72 часа). Дисциплина реализуется на 1 курсе магистратуры в 1 семестре.

Цель: дать представление о математических моделях, которые подчиняются общим свойствам и законам движения различных сплошных сред (жидких, газообразных, деформируемых твердых, многокомпонентных) с учётом физико-механических свойств материалов этих сред.

Задачи:

- Дать целостное представление об общих свойствах и закономерностях различных сплошных сред, в том числе многокомпонентных.
- Классифицировать встречающиеся в природе сплошные среды по типам с целью корректного применения различных определяющих соотношений, присущих этим средам.
- Сформировать умение составлять математические модели простейших явлений и процессов в сплошных средах.
- Сформировать умение ставить и решать простейшие прикладные задачи механики многокомпонентных сплошных средств.

- Дать методику, позволяющую свободно изучать различные дисциплины, составляющие подразделы механики сплошных сред (в том числе, гидроаэромеханику и механику деформируемого твердого тела).

- Развить логическое мышление.

Для успешного изучения дисциплины «Модели сплошных многокомпонентных сред» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;

способность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин;

способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ОК-1 – способность творчески адаптировать достижения	Знает	достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных

зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике, высокая степень профессиональной мобильности		многокомпонентных сред к отечественной практике
	Владеет	способностью творчески адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред к отечественной практике
ОК-5 – способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	современные методы исследования в области механики, основные подходы в механике сплошных сред
	Умеет	проводить отбор материала, характеризующего научные достижения с учетом специфики направления подготовки
	Владеет	способностью к самостоятельному обучению и применению полученных навыков для разработки новых методов исследования
ОК-8 – способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию	Знает	основные понятия и подходы к описанию физико-технических процессов методами механики сплошных сред
	Умеет	строить и интерпретировать математические модели физических процессов
	Владеет	математическим аппаратом, лежащим в основе моделей сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
ОПК-1 – способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	Знает	современные проблемы физики и техники в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты
	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред, в том числе сплошных многокомпонентных сред
ПК-1 – способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и	Знает	основные тенденции развития в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	применять полученные знания для решения конкретных вычислительных задач механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред

привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред, в том числе сплошных многокомпонентных сред
--	---------	---

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Модели сплошных многокомпонентных сред» применяются следующие методы активного обучения – «лекция пресс-конференция» для теоретической части курса и «дискуссия» для практических занятий.

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

### **Лекционные занятия (36 часов)**

**Раздел I. Основные понятия механики сплошных сред, начала кинематики (12 часов)**

#### **Тема 1. Предмет механики сплошных сред (3 часа)**

Понятие сплошной среды. Твёрдое тело, жидкость, газ, плазма. Лагранжев и Эйлеров подход к описанию движения сплошной среды. Полная (индивидуальная, субстанциональная), местная (локальная) и конвективная производная по времени.

#### **Тема 2. Основы векторного и тензорного анализа (3 часа)**

Ковариантные и контравариантные векторы базиса. Ковариантные и контравариантные компоненты векторов. Тензоры. Поверхности уровня. Производная по направлению. Градиент. Ковариантное дифференцирование. Векторные линии, линии тока, траектории. Векторные поверхности.

#### **Тема 3. Основные принципы описания деформирования (3 часа)**

Деформирование сплошной среды. Тензоры деформаций Грина и Альманси. Вектор перемещений. Тензор скоростей деформаций. Вихрь.

Формула Коши-Гельмгольца. Дивергенция. Скорость относительного объёмного расширения. Потенциал. Потенциальное движение.

#### **Тема 4. Основные кинематические теоремы (3 часа)**

Циркуляция. Теорема Стокса. Кинематическая теорема Гельмгольца. Теорема Остроградского-Гаусса. Формула дифференцирования по времени интеграла, взятого по подвижному объёму. Кинематическая теорема Кельвина.

### **Раздел II. Начала динамики, законы сохранения, простейшие модели сплошных сред (12 часов)**

#### **Тема 1. Законы сохранения массы, импульса и момента импульса (4 часа)**

О законах сохранения и теореме Нётер. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности. Закон сохранения количества движения (импульса). Формула Коши для вектора напряжений. Тензор напряжений. Дифференциальное уравнение движения. Закон сохранения момента количества движения.

#### **Тема 2. Простейшие модели жидкостей и газов (3 часа)**

Текучность. Жидкости и газы. Давление. Идеальные жидкости и газы. Уравнение Эйлера. Простейшие математические модели жидкостей и газов. Баротропность. Граничные условия для жидкостей и газов. Условие непроницаемости. Условие прилипания.

#### **Тема 3. Закон сохранения энергии и смежные вопросы (3 часа)**

Теорема живых сил (уравнение кинетической энергии). Работа внутренних поверхностных сил. Закон сохранения энергии (первый закон термодинамики). Вектор потока тепла. Закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравнение энергии. Уравнение притока тепла (уравнение внутренней энергии). Формула Майера. Адиабата Пуассона.

#### **Тема 4. Второй закон термодинамики (2 часа)**

Закон сохранения энтропии (второй закон термодинамики). Второй закон термодинамики для индивидуального объема сплошной среды. Дифференциальное уравнение энтропии. Неравенство Клаузиуса.

### **Раздел III. Механика сплошных гетерогенных сред (12 часов)**

#### **Тема 1. Основы моделирования сплошных гетерогенных сред (6 часов)**

Механика многоскоростных континуумов. Особенности описания гомогенных и гетерогенных смесей. Закон сохранения массы сплошной гетерогенной среды. Уравнение движения гетерогенной среды с фазовыми переходами. Термодинамика гетерогенной среды с фазовыми переходами.

#### **Тема 2. Простейшие модели сплошных гетерогенных сред (6 часов)**

Пространственное осреднение в механике дисперсных смесей. Уравнения сохранения для монодисперсных смесей. Уравнения механики пористых сред. Моделирование "кипящих" или псевдоожигенных слоев.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

### **Занятия 1, 2. Эйлеровы и лагранжевы координаты. Ковариантные и контравариантные векторы базиса (4 часа).**

1. Выписать некоторые выражения с индексами, используя числовые значения индексов, а не их буквенные обозначения.

2. Расписать компоненты ускорения при эйлеровом описании в декартовой системе координат.

3. Доказать, что контравариантные векторы базиса направлены по нормальям к координатным осям.

4. Доказать, что в декартовой системе координат ковариантные и контравариантные векторы базиса совпадают.

### **Занятия 3, 4. Тензоры. Дифференциальные операторы. Ковариантное дифференцирование (4 часа)**

1. Доказать, что любой тензор второго ранга можно единственным образом разложить на сумму симметричного и антисимметричного тензоров.
2. Выразить инварианты тензора через его главные компоненты.
3. Расписать градиент, дивергенцию и ротор в декартовой системе координат.
4. Определить, являются ли символы Кристоффеля компонентами тензора.
5. Вычислить выражение для ковариантной производной от ковариантных компонент вектора.

**Занятия 5, 6. Деформирование сплошной среды. Вихревое движение (4 часа)**

1. Доказать сформулированные в лекциях утверждения о механическом смысле компонент тензоров деформаций в случае малых деформаций.
2. Рассмотреть задачу об однородном одноосном растяжении, найти относительное изменение объема в этом случае.
3. Привести пример вихревого течения с прямолинейными траекториями.
4. Привести пример безвихревого течения с круговыми траекториями.

**Занятия 7, 8. Законы сохранения массы и импульса (4 часа)**

1. Написать закон сохранения массы для конечного неподвижного пространственного объема, через который протекает среда.
2. Написать уравнение неразрывности для потенциального движения сжимаемой и несжимаемой среды в виде уравнение для потенциала.
3. Расписать дифференциальное уравнение движения в декартовой системе координат.
4. Расписать уравнение Эйлера в декартовой системе координат.

**Занятия 9, 10. Простейшие математические модели жидкостей и газов. Гидростатика (4 часа)**

1. Получить уравнение равновесия текучей среды.

2. Получить необходимое условие на поле сил, при котором возможно равновесие текучей среды.

3. Доказать, что при равновесии в потенциальном поле сил изобары, изостеры и изопотенциальные поверхности совпадают.

4. Доказать, что в сосуде давление жидкости на дно и стенки зависит только от высоты жидкости и не зависит от формы сосуда (гидростатический парадокс).

5. Доказать, что при равновесии двух несмешивающихся несжимаемых жидкостей разной плотности в потенциальном поле объемных сил граница их раздела будет изопотенциальной поверхностью и изобарой.

6. Получить формулы зависимости давления совершенного газа от высоты для изотермического и изостерного процесса (т.е. рассмотреть равновесие совершенного газа в поле сил тяжести).

#### **Занятия 11, 12. Закон сохранения энергии (4 часа)**

1. Написать уравнения энергии и притока тепла для идеальной несжимаемой жидкости и идеальной сжимаемой жидкости.

2. Вывести уравнение теплопроводности.

#### **Занятия 13, 14. Уравнения движения для различных сред (4 часа)**

1. Для баротропного движения в поле потенциальных массовых сил преобразовать уравнение Эйлера к виду Громеки-Лэмба.

2. Для установившегося движения в поле потенциальных массовых сил получить из уравнения Эйлера интеграл Бернулли.

3. Для потенциального баротропного движения в поле потенциальных массовых сил получить из уравнения Эйлера интеграл Коши-Лагранжа.

4. Вывести уравнения движения линейно-вязкой изотропной жидкости (уравнения Навье-Стокса).

5. Вывести уравнения движения линейно-упругой изотропной среды (уравнения Навье-Ламе).

#### **Занятия 15, 16. Интегральные законы сохранения (4 часа)**

1. Решить задачу о равновесии человека на пластине, которая поддерживается в воздухе за счет струи идеальной невесомой жидкости, направленной на пластину снизу вертикально.

2. Решить задачу о тележке с закрытым сосудом с жидкостью,двигающейся за счет истечения струи из бокового отверстия сосуда.

3. Решить задачу о движении ракеты при установившемся истечении струи из её сопла.

### **Занятия 17, 18. Моделирование течений в пористых средах с учетом теплообмена (4 часа)**

1. Выписать полную модель для описания движения газа в пористых средах с учетом теплообмена.

2. Решить задачу о движении газа в пористой среде с учетом теплообмена в одномерной стационарной постановке.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

В ходе самостоятельной работы студент самостоятельно читает лекции и соответствующий материал из основной и дополнительной литературы, приведенной в настоящей РПД.

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Модели сплошных многокомпонентных сред»**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1 неделя	Чтение тем 1-4 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1
2	2 неделя	Чтение тем 5-7 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1
3	3 неделя	Чтение тем 8-10 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1
4	4 неделя	Чтение тем 11-13 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1
5	5 неделя	Чтение тем 14-16 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1
6	6 неделя	Чтение тем 17-19 из пособия [3] основной литературы.	2 часа	УО-1

		[3] основной литературы.		
7	7 неделя	Чтение тем 1-2 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
8	8 неделя	Чтение тем 3-4 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
9	9 неделя	Чтение тем 5-6 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
10	10 неделя	Чтение тем 7-9 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
11	11 неделя	Чтение тем 10-11 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
12	12 неделя	Чтение тем 12-13 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
13	13 неделя	Чтение тем 14-16 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
14	14 неделя	Чтение тем 17-18 из пособия [4] основной литературы.	2 часа	УО-1
15	15 неделя	Чтение главы 1 из монографии [1] дополнительной литературы.	4 часа	УО-1
16	16 неделя	Чтение главы 2 из монографии [1] дополнительной литературы.	4 часа	УО-1
17	17 неделя	Чтение главы 4 из монографии [1] дополнительной литературы.	4 часа	УО-1
18	1-18 неделя	Подготовка к зачету	32 часа	зачет
<b>Итого</b>			<b>72 часа</b>	

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные понятия механики сплошных сред, начала кинематики	ОК-1, ОК-5, ОК-8, ОПК-1	<i>Знает</i> базовые понятия механики сплошных сред	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов
			<i>Умеет</i> строить математические модели физических процессов	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> основным математическим аппаратом моделей сплошных сред	Контрольная работа (ПР-1)	

2	Начала динамики, законы сохранения, простейшие модели сплошных сред	ОК-1, ОК-5, ОК-8, ОПК-1	<i>Знает</i> актуальные проблемы физики и техники в области механики сплошной среды	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов
			<i>Умеет</i> строить и интерпретировать математические модели физических процессов	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> базовыми принципами построения математических моделей физических процессов и явлений	Контрольная работа (ПР-1)	
3	Механика сплошных гетерогенных среды	ОПК-1 ПК-1	<i>Знает</i> базовые понятия и подходы механики многокомпонентных сред	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов
			<i>Умеет</i> строить и интерпретировать математические модели для решения сложных физических и технических проблем	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> методами построения моделей сплошных многокомпонентных сред	Контрольная работа (ПР-1)	

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

### Основная литература

1. Папуша А.Н. Механика сплошных сред. Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. 688 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/16572.html>

2. Бровко, Г. Л. Элементы математического аппарата механики сплошной среды: Учебное пособие / Бровко Г.Л. - Москва :ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 424 с. <https://new.znaniyum.com/catalog/product/854330>

3. Луценко Н.А. Введение в механику сплошных сред: основные понятия, начала кинематики: учебное пособие [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. – Электронное издание – Владивосток: ДВФУ, 2016. – 33 с. <http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/fefu:2235>

4. Луценко Н.А. Введение в механику сплошных сред: начала динамики, законы сохранения, простейшие модели: учебное пособие [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. – Электронное издание – Владивосток: ДВФУ, 2016. – 42 с. <http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/fefu:2234>

#### **Дополнительная литература**

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. 336 с.

2. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. М.: Физматлит, 2006. 272 с. <http://znaniyum.com/catalog/product/544635>

3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1978. 736 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:410979&theme=FEFU>

4. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.1. М.: Наука, 1970. 492 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245940&theme=FEFU>

5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.2. М.: Наука, 1973. 584 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245845&theme=FEFU>

6. Дроздова Ю. А. Эглит М.Э. Механика сплошных сред. Теория и задачи: учебное пособие для вузов. Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2010. 281 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:296031&theme=FEFU>

7. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: Издательство Московского университета, 1978. 287 с.  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:665650&theme=FEFU>
8. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. М.: Мир, 1974. 318 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:665931&theme=FEFU>
9. Механика сплошных сред в задачах. Т.1. / Под редакцией М.Э. Эглит. М.: Издательство Московский лицей, 1996. 396 с.  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:371529&theme=FEFU>
10. Механика сплошных сред в задачах. Т.2. / Под редакцией М.Э. Эглит. М.: Издательство Московский лицей, 1996. 394 с.  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:371528&theme=FEFU>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 72 часа аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы.

**1. Сценарий изучения дисциплины.** На лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. На практических занятиях преподаватель разбирает решение некоторых задач механики различных сплошных сред, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие. Самостоятельная работа организовывается в соответствии с графиком выполнения самостоятельной работы. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы.

**2. Рекомендации по работе с литературой.** Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно используются источники из списка основной и дополнительной литературы. Литературу по курсу можно изучать в библиотеке, брать книгу на дом или читать ее на компьютере (если это электронный ресурс). Полезно использовать несколько

учебников, однако желательно придерживаться рекомендации преподавателя по выбору книг по каждому разделу. Не рекомендуется «заучивать» материал, необходимо добиться понимания изучаемой темы дисциплины.

**3. Рекомендации по подготовке к экзамену.** Успешная подготовка к экзамену включает, с одной стороны, добросовестную работу в течение семестра, а с другой – правильную организацию процесса непосредственной подготовки. При подготовке к экзамену необходимо освоить теорию: разобрать определения всех понятий, повторить приемы решения задач.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лекционных и практических занятий требуется мультимедийная учебная аудитория ДВФУ.

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория со следующим оборудованием:

- мультимедийный проектор Optima EX542I – 1 шт;
- аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт;
- колонки – 1 шт;
- ноутбук;
- ИБП – 1 шт;
- настенный экран;
- микрофон – 1 шт.

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.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-1 – способность творчески адаптировать достижения зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике, высокая степень профессиональной мобильности	Знает	достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред к отечественной практике
	Владеет	способностью творчески адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред к отечественной практике
ОК-5 – способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	современные методы исследования в области механики, основные подходы в механике сплошных сред
	Умеет	проводить отбор материала, характеризующего научные достижения с учетом специфики направления подготовки
	Владеет	способностью к самостоятельному обучению и применению полученных навыков для разработки новых методов исследования
ОК-8 – способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию	Знает	основные понятия и подходы к описанию физико-технических процессов методами механики сплошных сред
	Умеет	строить и интерпретировать математические модели физических процессов
	Владеет	математическим аппаратом, лежащим в основе моделей сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
ОПК-1 – способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	Знает	современные проблемы физики и техники в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты
	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред, в том числе сплошных многокомпонентных сред
ПК-1 – способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной	Знает	основные тенденции развития в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред
	Умеет	применять полученные знания для решения конкретных вычислительных задач механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных

деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии		сред
	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред, в том числе сплошных многокомпонентных сред

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Основные понятия механики сплошных сред, начала кинематики	ОК-1, ОК-5, ОК-8, ОПК-1	<i>Знает</i> базовые понятия механики сплошных сред	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов
			<i>Умеет</i> строить математические модели физических процессов	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> основным математическим аппаратом моделей сплошных сред	Контрольная работа (ПР-1)	
2	Начала динамики, законы сохранения, простейшие модели сплошных сред	ОК-1, ОК-5, ОК-8, ОПК-1	<i>Знает</i> актуальные проблемы физики и техники в области механики сплошной среды	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов
			<i>Умеет</i> строить и интерпретировать математические модели физических процессов	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> базовыми принципами построения математических моделей физических процессов и явлений	Контрольная работа (ПР-1)	
3	Механика сплошных гетерогенных	ОПК-1 ПК-1	<i>Знает</i> базовые понятия и подходы механики	Собеседование (УО-1)	Вопросы для собеседования и тестов

	среды		многокомпонентных сред		
			<i>Умеет</i> строить и интерпретировать математические модели для решения сложных физических и технических проблем	Контрольная работа (ПР-1)	Задачи и письменные вопросы к зачету
			<i>Владеет</i> методами построения моделей сплошных многокомпонентных сред	Контрольная работа (ПР-1)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОК-1 – способность творчески адаптировать достижения зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике, высокая степень профессиональной мобильности	Знает	достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред	знание современных теории, физико-математических и вычислительных методов в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность применения знаний в научно-исследовательской, научно-педагогической; проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной; консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики сплошных многокомпонентных сред к отечественной практике	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред
	Владеет	способностью творчески адаптировать достижения зарубежной науки и техники в области механики	способность решать сложные научно-технические задачи механики сплошных сред которые для своего изучения требуют разработки и применения	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач в области механики

		сплошных многокомпонентных сред к отечественной практике	математических и компьютерных моделей	сплошных многокомпонентных сред
ОК-5 – способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	современные методы исследования в области механики, основные подходы в механике сплошных сред	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность применения знаний в научно-исследовательской, научно-педагогической; проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной; консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	проводить отбор материала, характеризующего научные достижения с учетом специфики направления подготовки	умение разрабатывать техническую документацию, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, оценивать значимость и перспективы использования результатов исследования	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред
	Владеет	способностью к самостоятельному обучению и применению полученных навыков для разработки новых методов исследования	умение разрабатывать техническую документацию, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, оценивать значимость и перспективы использования результатов исследования	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач в области механики сплошных многокомпонентных сред
ОК-8 – способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию	Знает	основные понятия и подходы к описанию физико-технических процессов методами механики сплошных сред	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность применения знаний в научно-исследовательской, научно-педагогической; проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной; консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	строить и интерпретировать математические модели физических процессов	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач в области механики	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред

			сплошных многокомпонентных сред	
	Владеет	математическим аппаратом, лежащим в основе моделей сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	способность решать сложные научно-технические задачи механики сплошных многокомпонентных сред которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей	умение самостоятельно выполнять научные исследования в области механики сплошных многокомпонентных сред для различных отраслей промышленности, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей (CAD-CAE-технологии мирового уровня)
ОПК-1 – способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	Знает	современные проблемы физики и техники в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	способность определения направлений перспективных исследований с учетом актуальных научно-технических проблем; выполнение научно-технических работ в интересах научных организаций, предприятий промышленности.	способность применения знаний в научно-исследовательской, проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной, консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы в области механики сплошных многокомпонентных сред
	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	способность решать сложные научно-технические задачи механики сплошных многокомпонентных сред которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей	умение самостоятельно выполнять научные исследования в области механики сплошных многокомпонентных сред для различных отраслей промышленности, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего

				изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей (CAD-CAE-технологии мирового уровня)
ПК-1 – способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	Знает	основные тенденции развития в области механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	способность определения направлений перспективных исследований с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий; выполнение научно-технических работ в интересах научных организаций, предприятий промышленности.	способность применения знаний в научно-исследовательской, научно-педагогической; проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной; консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	применять полученные знания для решения конкретных вычислительных задач механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	умение составлять математические модели явлений и процессов в сплошных средах в области механики сплошных многокомпонентных сред	способность проводить расчеты аналитическими и вычислительными методами прикладной механики, а также с помощью программных систем компьютерного инжиниринга; анализировать полученные результаты расчетов
	Владеет	современными методами решения задач механики сплошных сред и сплошных многокомпонентных сред	способность решать сложные научно-технические задачи механики сплошных многокомпонентных сред, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей	умение самостоятельно выполнять научные исследования в области механики сплошных многокомпонентных сред для различных отраслей промышленности, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей (CAD-CAE-технологии мирового уровня)

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания  
результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

## Перечень типовых устных вопросов к зачету

1. Что такое оператор набла? Расписать оператор набла в декартовой системе координат.
2. Что такое градиент? Записать  $\text{grad } \varphi$  с использованием оператора набла. Расписать  $\text{grad } \varphi$  в декартовой системе координат.
3. Что такое дивергенция? Записать  $\text{div } \vec{a}$  с использованием оператора набла. Расписать  $\text{div } \vec{a}$  в декартовой системе координат.
4. Что такое ротор? Записать  $\text{rot } \vec{a}$  с использованием оператора набла. Расписать  $\text{rot } \vec{a}$  в декартовой системе координат.
5. Что определяют полная, локальная и конвективная производные по времени?
6. Что такое  $\nabla_i v^k$  в декартовой и в криволинейной системах координат ( $v^k$  – компоненты вектора)?
7. Что такое  $\frac{d\rho}{dt}$ ,  $\frac{\partial \rho}{\partial t}$  при эйлеровом описании движения? Каков их физический смысл?
8. Что такое лагранжев подход к описанию движения среды?
9. Что такое эйлеров подход к описанию движения среды?
10. Написать в раскрытом виде выражение для компоненты ускорения  $a_y = \frac{dv_y}{dt}$  в декартовой системе координат при эйлеровом описании движения. Каково выражение для контравариантной компоненты ускорения  $a^2 = \frac{dv^2}{dt}$  в криволинейной системе координат  $x^i$  (2 – это не степень!)?
11. Что такое тензор? Сколько отличающихся (с точностью до знака) компонент у произвольного симметричного и антисимметричного тензоров?
12. Каков механический смысл компонент тензоров деформаций в случае малых деформаций, если в начальном состоянии система координат декартова?
13. Что такое тензор скоростей деформаций? Написать формулы, выражающие его компоненты через производные компонент скорости.

14. Что такое потенциал вектора?
15. Что такое циркуляция вектора?
16. Сформулировать теорему (формулу) Коши-Гельмгольца.
17. Сформулировать теорему (формулу) Стокса.
18. Написать и пояснить формулу Гаусса-Остроградского.
19. Что такое индивидуальный объем? Написать и пояснить формулу дифференцирования по времени интеграла, взятого по подвижному объему.
20. Перечислить законы сохранения, которые вы знаете.
21. Написать закон сохранения массы для конечного индивидуального объема сплошной среды.
22. Что такое уравнение неразрывности? Написать это уравнение при эйлеровом и лагранжевом описании сплошной среды.
23. Что такое вектор напряжений?
24. Написать и пояснить формулу Коши для вектора напряжений.
25. Написать закон сохранения количества движения для конечного индивидуального объема сплошной среды; пояснить все члены, входящие в это соотношение.
26. Что такое тензор напряжений? Каков физический смысл его компонент в декартовой системе координат?
27. Написать дифференциальное уравнение движения сплошной среды. Следствием какого закона оно является? Пояснить все члены, входящие в это уравнение.
28. Написать закон сохранения момента количества движения для конечного индивидуального объема сплошной среды; пояснить все члены, входящие в это соотношение.
29. К чему приводит закон сохранения момента количества движения в «классическом» случае (т.е. когда собственный момент количества движения, а также массовые и поверхностные пары сил отсутствуют)?
30. Что такое текучесть? Что такое идеальная текучесть?
31. Что такое давление?

32. Что такое идеальные жидкости и газы? Какой вид имеет тензор напряжений в идеальной жидкости в декартовой системе координат?

33. Что такое уравнение Эйлера в механике жидкости? Записать его в векторном виде.

34. Что такое баротропность?

35. Сформулировать условие непроницаемости и условие прилипания.

36. Что такое вязкие жидкости и газы?

37. Написать теорему живых сил для сплошной среды в любой форме; пояснить все члены, входящие в это соотношение.

38. Написать закон сохранения энергии для конечного индивидуального объема сплошной среды; пояснить все члены, входящие в это соотношение.

39. Сформулировать закон теплопроводности Фурье.

40. Сформулировать формулу Майера.

41. Что такое адиабата Пуассона?

42. Что такое уравнение притока тепла?

43. Какой процесс в термодинамике называется обратимым? Привести пример обратимого и необратимого процессов.

44. Что такое энтропия?

45. Что такое второй закон термодинамики? Дать формулировку второго закона, содержащую понятие энтропии.

46. Написать и пояснить законы сохранения массы и количества движения в интегральной форме для неподвижного контрольного объема при установившемся движении.

### **Перечень типовых письменных вопросов к зачету**

1. Лагранжево описание движения сплошной среды. Лагранжевы (материальные) координаты. Закон движения точек сплошной среды. Вычисление компонент вектора скорости по закону движения. Вычисление ускорения по скорости при лагранжевом описании.

2. Эйлерово описание движения. Пространственные координаты. Вычисление поля ускорений по полю скоростей при эйлеровом описании. Индивидуальная (материальная, полная) и локальная производные по времени.

3. Переход от лагранжева описания движения сплошной среды к эйлерову и обратный переход.

4. Тензоры как объекты в евклидовом пространстве. Компоненты с разным строением индексов, их связь, формулы преобразования при переходе к другой системе координат.

5. Операции над тензорами. Инварианты тензоров.

6. Тензорные поля. Ковариантное дифференцирование. Дивергенция и ротор вектора, градиент скалярной функции.

7. Тензоры второго ранга. Разложение на сумму симметричного и антисимметричного тензоров.

8. Тензоры конечных деформаций Грина и Альманси. Механический смысл компонент.

9. Выражение компонент тензоров деформаций через компоненты вектора перемещения. Линейные формулы в случае малых деформаций и малых относительных поворотов.

10. Тензор скоростей деформаций. Определение. Выражение его компонент через компоненты скорости.

11. Формула Коши-Гельмгольца для распределения скоростей в малой окрестности любой точки сплошной среды.

12. Вектор вихря. Определение. Кинематический смысл вектора вихря. Циркуляция скорости. Формула Стокса. Потенциал скорости. Эквивалентность потенциального и безвихревого движения.

13. Формула Гаусса-Остроградского. Кинематический смысл. Понятие потока вектора через поверхность.

14. Дифференцирование по времени интеграла по подвижному объему.

15. Формулировка закона сохранения массы для конечного индивидуального объема сплошной среды и для неподвижного, пространственного объема. Уравнение неразрывности при эйлеровом и при лагранжевом описании среды. Уравнение неразрывности для несжимаемой среды.

16. Силы, действующие на сплошную среду: массовые и поверхностные. Вектор напряжений.

17. Закон сохранения количества движения для конечного индивидуального объема сплошной среды.

18. Формула Коши, связывающая вектор напряжений на любой площадке с векторами напряжений на трех фиксированных взаимно перпендикулярных площадках. Тензор напряжений. Физический смысл компонент в декартовой системе координат.

19. Дифференциальные уравнения движения сплошной среды.

20. Формулировка закона сохранения момента количества движения для конечного индивидуального объема сплошной среды. Тензор моментных напряжений.

21. Дифференциальное уравнение момента количества движения. Условия, при которых симметрия тензора напряжений является следствием закона сохранения момента количества движения.

22. Жидкости и газы в механике сплошных сред. Тензор напряжений в покоящейся жидкости. Давление. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера.

23. Полные системы механических уравнений для несжимаемой идеальной жидкости и для баротропных движений сжимаемой идеальной жидкости. Условие непроницаемости на поверхности твердых тел.

24. Вязкая жидкость. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Связь между компонентами тензоров вязких напряжений и скоростей деформаций в изотропной линейно-вязкой жидкости (закон Навье-Стокса).

25. Уравнения Навье-Стокса. Граничное условие прилипания на поверхности твердых тел.

26. Упругая среда. Линейно-упругая среда. Закон Гука для изотропной линейно-упругой среды при изотермическом деформировании.

27. Уравнения Навье-Ламе для линейно-упругих сред.

28. Теорема живых сил (теорема о кинетической энергии) для системы материальных точек и для сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил. Работа внутренних поверхностных сил в идеальной жидкости.

29. Закон сохранения энергии – Первый закон термодинамики. Формулировка закона сохранения энергии для конечного индивидуального объема сплошной среды. Работа внешних сил. Приток тепла. Теплопроводность. Вектор потока тепла.

30. Дифференциальное уравнение энергии. Уравнение притока тепла (уравнение внутренней энергии).

31. Выражение для притока тепла к малой частице за счет теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье для изотропной и анизотропной сред.

32. Совершенный газ. Уравнение притока тепла для идеального совершенного газа. Удельные теплоемкости в процессах с постоянным объемом и с постоянным давлением. Формула Майера. Связь между давлением и плотностью при адиабатическом движении идеального совершенного газа (адиабата Пуассона).

33. Второй закон термодинамики (формулировка, содержащая понятие энтропии). Обратимые и необратимые процессы. Приток энтропии извне и производство энтропии.

34. Формулировка второго закона термодинамики для конечного индивидуального объема сплошной среды. Дифференциальное уравнение энтропии.

## Перечень типовых задач для контроля

1. Для поступательных движений твердого тела выписать общий вид поля скорости и общий вид закона движения при лагранжевом и при эйлеровом описании.
2. Доказать, что любой тензор второго ранга можно единственным образом разложить на сумму симметричного и антисимметричного тензоров.
3. Определить механический смысл компонент тензора скоростей деформаций.
4. Выразить через потенциал скорости ее циркуляцию по кривой, соединяющей точки с координатами  $\{x_1, y_1, z_1\}$  и  $\{x_2, y_2, z_2\}$ .
5. Записать закон сохранения массы для конечного неподвижного пространственного объема, через который протекает среда.
6. Расписать уравнение Эйлера в декартовой системе координат.
7. Записать уравнения энергии и притока тепла для идеальной несжимаемой жидкости и идеальной сжимаемой жидкости.
8. Найти силу, действующую на ракету, которая летит с постоянной скоростью  $v$  и выбрасывает в единицу времени массу  $m$ . Считать известным распределение скорости в струе за ракетой вдали от ракеты, где можно пренебречь вязкими силами и считать давление равным давлению в окружающей среде  $p_0$ .

## Оценочные средства для текущей аттестации

### Вопросы для собеседования и тестов

1. Понятие сплошной среды.
2. Лагранжев и Эйлеров подход к описанию движения сплошной среды.
3. Полная (индивидуальная, субстанциональная), местная (локальная) и конвективная производная по времени.

4. Ковариантные и контравариантные векторы базиса. Ковариантные и контравариантные компоненты векторов.
5. Тензоры.
6. Производная по направлению. Градиент.
7. Ковариантное дифференцирование.
8. Векторные линии, линии тока, траектории. Векторные поверхности.
9. Деформирование сплошной среды. Тензоры деформаций Грина и Альманси.
10. Вектор перемещений.
11. Тензор скоростей деформаций.
12. Формула Коши-Гельмгольца.
13. Дивергенция.
14. Скорость относительного объёмного расширения.
15. Потенциал. Потенциальное движение.
16. Циркуляция. Теорема Стокса.
17. Кинематическая теорема Гельмгольца.
18. Теорема Остроградского-Гаусса.
19. Формула дифференцирования по времени интеграла, взятого по подвижному объёму.
20. Кинематическая теорема Кельвина.
21. О законах сохранения и теореме Нётер.
22. Закон сохранения массы.
23. Уравнение неразрывности.
24. Закон сохранения количества движения (импульса).
25. Формула Коши для вектора напряжений.
26. Тензор напряжений.
27. Дифференциальное уравнение движения.
28. Закон сохранения момента количества движения.
29. Текучесть. Жидкости и газы.
30. Давление.

31. Идеальные жидкости и газы.
32. Уравнение Эйлера.
33. Баротропность.
34. Условие непроницаемости.
35. Условие прилипания.
36. Теорема живых сил (уравнение кинетической энергии).
37. Работа внутренних поверхностных сил.
38. Закон сохранения энергии (первый закон термодинамики).
39. Вектор потока тепла.
40. Закон теплопроводности Фурье.
41. Дифференциальное уравнение энергии.
42. Уравнение притока тепла (уравнение внутренней энергии).
43. Формула Майера.
44. Адиабата Пуассона.
45. Закон сохранения энтропии (второй закон термодинамики).
46. Второй закон термодинамики для индивидуального объема сплошной среды.
47. Дифференциальное уравнение энтропии.
48. Неравенство Клаузиуса.

### **Типовые задания для контрольной работы (ПР-2)**

1. Вывести формулу Коши-Гельмгольца для распределения скоростей в малой окрестности любой точки сплошной среды.
2. Вывести формулу дифференцирования по времени интеграла по подвижному объему.
3. Вывести уравнение неразрывности при эйлеровом описании среды.
4. Вывести дифференциальные уравнения движения сплошной среды.
5. Вывести уравнения движения идеальной жидкости.
6. Вывести уравнения движения вязкой жидкости в векторной форме.
7. Вывести уравнения Навье-Ламе для линейно-упругих сред.

### **Критерии оценки (письменный ответ)**

100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией по механике сплошных сред. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75-61 - балл - фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

60 и менее баллов - незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

### **Критерии оценки (устный ответ)**

100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов механики сплошных сред, отличается глубиной и полнотой

раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов механики сплошных сред, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов механики сплошных сред, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60 и менее баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов механики сплошных сред, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии оценки контрольной работы**

100-86 баллов – студент точно выполнил все части задания, умеет аргументировано отвечать на вопросы, связанные с заданием. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной исследовательской работы по теме. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

85-76 баллов – работа студента характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более одной ошибки при выполнении задания. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

75-61 балл – студентом проведен самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих выполнения задания; присутствует понимание базовых основ и теоретического обоснования темы. Допущено не более двух ошибок при выполнении задания.

Менее 60 баллов – работа выполнена не полностью. Допущено три или более трех ошибок при выполнении задания.

**Методические рекомендации,  
определяющие процедуры оценивания результатов освоения  
дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Модели сплошных многокомпонентных сред» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Модели сплошных многокомпонентных сред» проводится в форме контрольных мероприятий (тесты, собеседование) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний (активность в ходе обсуждений материалов лекций, активное участие в дискуссиях с аргументами из дополнительных источников, внимательность, способность задавать встречные вопросы в рамках дискуссии или обсуждения, заинтересованность изучаемыми материалами);

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы (определяется по результатам контрольных работ, практических занятий, ответов на тесты);

– результаты самостоятельной работы.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Модели сплошных многокомпонентных сред» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ.

### **Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине**

#### **«Модели сплошных многокомпонентных сред»**

<b>Баллы (рейтингово й оценки)</b>	<b>Оценка экзамена (стандартная)</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
60-100	«зачет»	«Зачет» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил учебный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач в области профессиональной деятельности.
0-59	«не зачет»	«Не зачет» выставляется студенту, который не знает значительной части учебного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. «Не зачет» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине