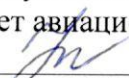


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет авиационной и морской техники  
  
Красильникова О.А.  
«20» 05 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика сплошных сред»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Кандидат физико-математических наук

 Потянихин Д.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Авиастроение»

 Марьин С.Б.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Механика сплошных сред» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.002 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.12.2014 года № 985н (рег. № 35471 от 29.12.2014 года).

Воспитательная работа реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Задачи дисциплины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование представления о роли механики сплошной среды в решении современных прикладных инженерных задач, о непосредственной связи дисциплины с математическим и вычислительным моделированием.</li> <li>2. Формулировка основных гипотез и допущений феноменологического подхода к изучению механики сплошной среды.</li> <li>3. Изучение методов построения общих уравнений и соотношений, моделирующих движение сплошной среды.</li> <li>4. Овладение практическими навыками построения и упрощения уравнений и определяющих соотношений механики сплошной среды при решении прикладных инженерных задач.</li> <li>5. Формирование умения выполнять анализ корректности постановок инженерных задач и обоснованно выбирать пути и разрабатывать алгоритмы их решения.</li> <li>6. Приобретение навыков самостоятельного поиска и пополнения знаний в области механики деформируемых тел, жидкостей и газов.</li> </ol>
Основные разделы/темы дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> <li>Элементы тензорного исчисления</li> <li>Напряженное состояние твердого тела</li> <li>Кинематика деформируемых сред и анализ деформаций</li> <li>Законы сохранения</li> <li>Математические модели упругих сред</li> <li>Математические модели неупругих сред</li> <li>Математические модели жидкостей и газов в состоянии равновесия</li> <li>Математические модели вязких жидкостей и газов</li> </ul>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Механика сплошных сред» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
<b>Общепрофессиональные</b>			
ОПК-2 Способность к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений	Основные гипотезы и допущения механики сплошной среды; векторы и тензоры как инвариантные объекты, способы их преобразования; способы задания движения сплошной среды и основные кинематические соотношения; уравнения равновесия и движения сплошной среды; определяющие соотношения для деформируемых упругих тел, жидкости и газа; типы граничных и начальных условий для системы дифференциальных уравнений движения сплошной среды.	Выполнять операции над векторными и тензорными объектами; записывать основные уравнения механики сплошной среды в декартовых и криволинейных координатах; анализировать математическую постановку задачи и обоснованно выбирать путь её решения.	Математическая постановка, построение решения и анализ результатов решения прикладных инженерных задач с использованием методов механики сплошной среды; способность самостоятельно пополнять знания в области механики деформируемого твердого тела, жидкости и газа.

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика сплошных сред» изучается на 4 курсе, 8 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Введение в профессиональную деятельность», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Управление инновационными проектами», «Электротехника и электроника», «Уравнения математической физики», «Вычислительная механика», «Уравнения математической физики», «Теория упругости, пластичности и ползучести», «Вычислительная механика», «Строительная механика самолётов», «Конструкция самолётов и вертолетов», «Аэродинамика самолётов», «Прочность авиационных конструкций», «Конструирование деталей и узлов агрегатов самолетов», «Аналитическая механика и теория колебаний», «Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков)».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Механика сплошных сред», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Авиационные двигатели», «Проектирование самолётов», «Применение пакетов прикладных программ в механике конструкций», «Проектирование и производство изделий из композиционных материалов», «Беспилотные летательные аппараты».

Дисциплина «Механика сплошных сред» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка осуществляется путем проведения практических занятий.

Дисциплина «Механика сплошных сред» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	48
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	32 (в т. ч. 16 в форме практической подготовки)
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа,</b> включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	96
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<p><b>Элементы тензорного исчисления</b>  <i>Сущность индексных обозначений. Соглашение о суммировании. Дельта Кронекера и символ Леви-Чивиты. Векторная алгебра в индексных обозначениях. Понятие тензора. Симметричные тензоры второго ранга. Тензорные поля. Дифференцирование скаляров, векторов и тензоров. Теорема Остроградского–Гаусса.</i></p>	2	4	-	12
<p><b>Напряженное состояние твердого тела</b>  <i>Тензор напряжений. Напряжения на произвольно ориентированной площадке. Главные нормальные напряжения. Эллипсоид напряжений. Инварианты тензора напряжений. Наибольшие касательные напряжения. Октаэдрические напряжения и интенсивности напряжений. Сферический тензор и тензор-девиатор напряжений. Тензорные обозначения.</i></p>	2	4	-	12

<p><b>Кинематика деформируемых сред и анализ деформаций</b>  <i>Задание движения деформируемой среды. Скорости и ускорения точек среды. Переход от лагранжева описания к эйлерову и от эйлерова описания к лагранжеву. Траектории. Линии тока. Установившееся движение. Тензор дисторсии. Метрический тензор. Тензор деформаций Грина. Тензор деформаций Альманси. Масса и плотность. Изменение объема тела. Тензор скоростей деформаций Эйлера. Малые деформации. Уравнения совместности малых деформаций.</i></p>	2	4	-	12
<p><b>Законы сохранения</b>  <i>Закон сохранения массы в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения импульса в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения момента импульса в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме. Энтропия. Второй закон термодинамики.</i></p>	2	4	-	12
<p><b>Математические модели упругих сред</b>  <i>Обобщенный закон Гука. Функция энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Упругие постоянные. Постановка статических и динамических задач теории упругости. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Уравнения равновесия в полярных координатах. Гиперупругость. Линейная термоупругость.</i></p>	2	4*	-	12
<p><b>Математические модели неупругих сред</b>  <i>Идеализированные диаграммы пластического поведения материалов. Условия пластичности. Критерии Губера – Мизеса и Треска – Сен-Венана. Пространство главных напряжений. Изотропное и кинематическое упрочнение. Работа на пластических деформациях.</i></p>	2	4*	-	12

<b>Математические модели жидкостей и газов в состоянии равновесия</b> <i>Условия равновесия. Закон Паскаля. Распределение давлений в жидкости во внешнем поле. Жидкость в поле силы тяжести и в неинерциальных системах отсчета. Плавание тел. Закон Архимеда. Равновесие сжимаемой жидкости. Атмосфера в поле силы тяжести. Воздухоплавание.</i>	2	4*	-	12
<b>Математические модели вязких жидкостей и газов</b> <i>Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Число Рейнольдса. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Турбулентность атмосферы.</i>	2	4*	-	12
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	16	32	-	96

\* реализуется в форме практической подготовки

#### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	32
Подготовка к занятиям семинарского типа	48
Подготовка и оформление расчетно-графической работы	16
<b>ИТОГО</b>	96

#### **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.



## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

- 1 Дроздова, Ю. А. Механика сплошных сред. Теория и задачи / Ю. А. Дроздова, М. Э. Эглит – Москва: Центр-ЛитНефтеГаз, 2010. – 288 с.
- 2 Ильюшин, А. А. Механика сплошной среды / А. А. Ильюшин. – Москва: Изд-во Московского университета, 1990. – 312 с.
- 3 Коренев, Г. В. Тензорное исчисление: учеб. пособие для вузов / Г. В. Коренев – Москва: Изд-во МФТИ, 2000. – 240 с.
- 4 Мейз, Дж. Теория и задачи механики сплошных сред / Дж. Мейз. – 3-е изд. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 320 с.
- 5 Эглит, М. Э. Лекции по основам механики сплошных сред / М. Э. Эглит. – 3-е изд. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 208 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

- 1 Амензаде, А. Ю. Теория упругости / А. Ю. Амензаде. – Москва: Высшая школа, 1976. – 272 с.
- 2 Боли, Б. Теория температурных напряжений / Б. Боли, Дж. Уэйнер. – Москва: Мир, 1964. – 512 с.
- 3 Казакевич, Г. С. Теория упругости и пластичности / Г. С. Казакевич, А. И. Рудской. – Санкт-Петербург.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 264 с.
- 4 Качанов, Л. М. Основы теории пластичности. Лекции по основам механики сплошных сред / Л. М. Качанов. – 2-е изд. – Москва: Наука, 1969. – 420 с.
- 5 Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 3-е изд., испр. – Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.
- 6 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов / Л. Г. Лойцянский – 7-е изд., испр. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с.
- 7 Механика сплошных сред в задачах / Под ред. М. Э. Эглит. – Москва: Изд-во Московский лицей, 1996. Т.1 – 396 с. Т.2 – 396 с.
- 8 Новацкий, В. Теория упругости / В. Новацкий. – Москва: Мир, 1975. – 872 с.
- 9 Седов, Л. И. Механика сплошной среды / Л. И. Седов. – Москва: Лань, 2004. Т.1 – 528 с. Т.2 – 560 с.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

- 1 Механика сплошных сред: учеб. Пособие / сост. Б. Н. Марьин, С. И. Феоктистов, О. А. Грачева. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 194с.
- 2 Потянихин, Д. А. Математическое моделирование: учебное пособие в 2 частях. Часть 2. Введение в механику сплошных сред / Д. А. Потянихин. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2015. – 148 с.

### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

- 1 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM Договор № 4997 эбс ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 004 6311 244 от 13 апреля 2021 г. (с 17 апреля 2021 г. по 16 апреля 2022 г.).

2 Электронно-библиотечная система IPRbooks Лицензионный договор № ЕП 44/4 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 003 6311 244 от 05 февраля 2021 г. (с 27 марта 2021 г. по 27 марта 2022 г.).

3 Образовательная платформа "Юрайт". Договор № ЕП44/2 на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010001 6311 244 от 02 февраля 2021 г. (с 07 февраля 2021 г. по 07 февраля 2022 г.).

4 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Договор № ЕП 44/3 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 211 272 7000769 270 301 001 0010 002 6311 244 от 04 февраля 2021 г. (с 04 февраля 2021 г. по 04 февраля 2030 г.).

5 Справочная правовая система Консультант Плюс. Договор № 45 от 17 мая 2017 (бессрочный).

6 Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

7 Национальная электронная библиотека (НЭБ) <https://rusneb.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

8 Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" <https://cyberleninka.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1 Национальная платформа открытого образования. <https://openedu.ru/>

2 Репозиторий Самарского университета: коллекция «Авиация»  
<http://repo.ssau.ru/handle/Aviatsiya/396>

3 Международный научно-образовательный сайт EqWorld (Мир математических уравнений) <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

### **8.6 Лицензионное программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
MathcadEducation	Договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом иписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практически-

ми) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

## **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

## **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

## **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень учебного и лабораторного оборудования

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 227 /3	Лекционная аудитория ФАМТ	Мультимедийное оборудование
Ауд. 225 /3	Компьютерный класс кафедры АС	Мультимедийное оборудование, ПЭВМ

## 10.2 Технические и электронные средства обучения

Лекционные занятия. Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (проектор, экран, компьютер).

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

- 1 Элементы тензорного исчисления
- 2 Напряженное состояние твердого тела
- 3 Кинематика деформируемых сред и анализ деформаций
- 4 Законы сохранения
- 5 Математические модели упругих сред
- 6 Математические модели неупругих сред
- 7 Математические модели жидкостей и газов в состоянии равновесия
- 8 Математические модели вязких жидкостей и газов

Практические занятия. Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер).

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 225/3).

## 11 Иные сведения

### Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**

**«Механика сплошных сред»**

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
<b>Общепрофессиональные</b>			
ОПК-2 Способность к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений	Основные гипотезы и допущения механики сплошной среды; векторы и тензоры как инвариантные объекты, способы их преобразования; способы задания движения сплошной среды и основные кинематические соотношения; уравнения равновесия и движения сплошной среды; определяющие соотношения для деформируемых упругих тел, жидкости и газа; типы граничных и начальных условий для системы дифференциальных уравнений движения сплошной среды.	Выполнять операции над векторными и тензорными объектами; записывать основные уравнения механики сплошной среды в декартовых и криволинейных координатах; анализировать математическую постановку задачи и обоснованно выбирать путь её решения.	Математическая постановка, построение решения и анализ результатов решения прикладных инженерных задач с использованием методов механики сплошной среды; способность самостоятельно пополнять знания в области механики деформируемого твердого тела, жидкости и газа.

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Элементы тензорного исчисления	ОПК-2	Тест №1, Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Напряженное состояние твердого тела	ОПК-2	Тест №1, Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Кинематика деформируемых сред и анализ деформаций	ОПК-2	Тест №1, Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Законы сохранения	ОПК-2	Тест №1, Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Математические модели упругих сред	ОПК-2	Тест №2, Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий



Математические модели неупругих сред	ОПК-2	Тест №2, Расчетно- графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Математические модели жидкостей и газов в состоянии равновесия	ОПК-2	Тест №2, Расчетно- графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Математические модели вязких жидкостей и газов	ОПК-2	Тест №2, Расчетно- графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
8 семестр <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Тест №1	8 неделя	5 баллов	<i>5 баллов – студент правильно выполнил задание теста, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент выполнил задание теста с незначительными недочетами, показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала.</i>
Тест №2	16 неделя	5 баллов	<i>3 балла – студент выполнил задание теста не полностью либо с существенными недочетами, показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент не выполнил задание теста либо выполнил неверно.</i>

Расчетно-графическая работа (10 задач)	В течение семестра	10×1 балл	1 балла – Студент решил задачу правильно и в полном объеме. 0 баллов - Студент не решил задачу в полном объеме, или студент при защите РГР не смог объяснить ход решения задачи и не понимает смысла написанного.
<b>ИТОГО:</b>		20 баллов	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);

65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);

75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);

85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**Тесты**

**Тест №1 (типовой вариант)**

**Задача 1.** Даны векторы  $\vec{c}$  и  $\vec{d}$  в базисе  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  системы координат  $x$ :

$$\vec{c} = -\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3, \quad \vec{d} = \vec{e}_1 - \vec{e}_3$$

Вычислить:

- скалярное произведение  $(\vec{c} \cdot \vec{d})$ ;
- косинус угла между  $\vec{c}$  и  $\vec{d}$ ;
- компоненты вектора  $\vec{b} = 3\vec{c} + \vec{d}$ ;
- компоненты векторного произведения  $[\vec{c} \times \vec{d}]$ ;
- компоненту  $c'_1$  вектора  $\vec{c}$  в системе  $x'_i$ , если

$$x'_1 = \frac{1}{2}x_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}x_2, \quad x'_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_2, \quad x'_3 = x_3.$$

**Задача 2.** Функция  $T(x_1, x_2, x_3)$  имеет вид  $T = 5x_1^2t + 2x_2 + 10x_3t^2$  ( $t$  – время).

- найти компоненты вектора  $\text{grad}T$ .
- вычислить производную  $T$  по направлению, задаваемому вектором  $\vec{n}$  с компонентами  $\{1/\sqrt{10}, 3/\sqrt{10}, 0\}$ , то есть величину  $\partial T / \partial n$ .
- вычислить  $\text{div}(\text{grad}T)$ .

**Задача 3.** Матрица компонент  $\sigma_{ij}$  тензора напряжений такова:

$$\begin{pmatrix} 3 & 0 & -1 \\ 0 & 3 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

а) Найти компоненты вектора напряжений  $\vec{p}_v$  на площадке с нормалью

$$\vec{v} = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \frac{1}{2}\vec{e}_2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{e}_3.$$

Вычислить:

б) модуль вектора  $\vec{p}_v$ ;

в)  $\sigma_v$  – проекцию вектора  $\vec{p}_v$  на нормаль  $\vec{v}$ ;

г)  $\tau_v$  – величину проекции вектора  $\vec{p}_v$  на плоскость площадки (то есть касательной составляющей вектора напряжений);

д) угол  $\theta$  между вектором  $\vec{p}_v$  и нормалью к площадке.

**Задача 4.** Движение среды происходит по закону

$$x_1 = \xi_1, \quad x_2 = \xi_2 \left(1 + 2\frac{t}{\tau}\right), \quad x_3 = \xi_3, \quad \tau = \text{const}, \quad \tau > 0.$$

а) Найти поля скорости и ускорения в лагранжевом описании.

б) Где находится в момент  $t = 2\tau$  частица, которая в момент  $t = \tau$  находилась в точке пространства с координатами  $(0, 1, 0)$ ?

в) Почему такое движение есть однородное одноосное растяжение вдоль оси  $x_2$ ?

г) Найти поле скорости в эйлеровом описании.

д) Является ли это движение установившимся?

е) Вычислить ускорение, используя выражения для компонент скорости в эйлеровом описании, полученного в п. (г).

**Задача 5.** Показать, что поле скоростей  $v_1 = Ax_i / r^3$ , где  $x_i x_i = r^2$  и  $A = \text{const}$ , удовлетворяет уравнению неразрывности.

### Тест №2 (типовой вариант)

**Задача 1.** Компоненты тензора напряжений в некоторой точке линейно-упругой среды равны  $\sigma_{11} = \sigma_{33} = 10^6$  Па,  $\sigma_{23} = \sigma_{32} = 10^5$  Па, остальные  $\sigma_{ij} = 0$ . Модуль Юнга  $E = 2 \cdot 10^6$  кГ/см<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ . Температура при деформации не менялась.

а) Вычислить компоненты тензора деформаций.

б) Чему равно относительное изменение объема малой частицы, расположенной в этой точке?

в) Чему равно относительное удлинение материального отрезка из малой окрестности рассматриваемой точки, который до деформации был параллелен оси  $x_3$ ?

**Задача 2.** В экспериментах со стальным образцом обнаружено, что предел текучести при чистом сдвиге равен 230 МПа. Найти предел текучести при одноосном растяжении, считая, что материал подчиняется: а) критерию текучести Треска; б) критерию текучести Мизеса.

**Задача 3.** Найти распределение давления в покоящейся тяжелой несжимаемой однородной жидкости, занимающей область  $0 \leq z \leq h$ , на свободной поверхности  $z = 0$  которой действует атмосферное давление  $p_0$ . Изобразить это распределение графически.

**Задача 4.** В двумерном течении, параллельном плоскости  $x_1x_2$ , компонента скорости  $v_3 = 0$  и  $\partial/\partial x_3 = 0$ . Написать для такого случая: а) уравнение Навье-Стокса; б) уравнение неразрывности несжимаемой жидкости.

### Расчетно-графическая работа (типовой вариант)

**Расчетно-графическая работа подлежит защите.** На защите студент должен продемонстрировать умение выбирать метод решения задачи, обосновать применение расчетных формул, продемонстрировать навык проведения вычислений.

**Задача 1.** Компоненты векторов  $\vec{\omega}$  и  $\vec{v}$  в системе координат  $x_i$  следующие:

$$\vec{v} = \{-7\sqrt{3}, 0, 5\}, \quad \vec{\omega} = \{2, 5, 0\}.$$

Вычислить:

а) компоненты вектора  $\vec{u}$ , если  $\vec{u} = \vec{v} + \sqrt{3} \cdot \vec{\omega}$ ;

б) скалярное произведение  $(\vec{v} \cdot \vec{\omega})$ ;

в) величину  $v_n$  проекции вектора  $\vec{v}$  на направление вектора  $\vec{n}$ , если  $\vec{n} = \frac{1}{2}\vec{e}_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{e}_3$ ;

г) компоненты векторного произведения  $[\vec{v} \times \vec{\omega}]$ ;

д) сумму  $v_i \delta_{i3}$  ( $\delta_{ij}$  – символ Кронекера);

е) сумму  $v_i \omega_j \delta_{ij}$ ;

ж) компоненту  $v'_1$  вектора  $\vec{v}$  в системе  $x'_i$ , если  $x'_1 = \frac{1}{2}x_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}x_3$ ,  $x'_2 = x_2$ ,  $x'_3 = \frac{\sqrt{3}}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_3$ .

Запишите матрицу перехода  $A$ .

**Задача 2.** Функция  $\varphi(x, y)$  имеет вид  $\varphi = \lambda \sin x + 2y$  ( $\lambda = \text{const}$ ).

а) Найти компоненты вектора  $\text{grad}\varphi$ .

б) Найти проекцию вектора  $\text{grad}\varphi$  на направление, задаваемое вектором  $\vec{n}$  с компонентами  $\{-3/5, 0, -4/5\}$ .

в) Вычислить  $\text{div}(\text{grad}\varphi)$ .

г) вычислить оператора Лапласа от  $\varphi$ .

**Задача 3.** В точке  $P$  тензор напряжений

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 7 & -5 & 0 \\ -5 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Определить вектор напряжения на площадке, проходящей через точку  $P$  параллельно плоскости  $3x_1 + 6x_2 + 2x_3 = 12$ .

**Задача 4.** В результате перемещения частицы среды с координатами  $(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$  оказались в точках с координатами  $x_1 = \xi_1 + a\xi_1$ ,  $x_2 = \xi_2$ ,  $x_3 = \xi_3$ ,  $a = \text{const}$  простран-

ственной декартовой системы координат  $(x_1, x_2, x_3)$ . Такая деформация называется однородным *одноосным растяжением* в направлении оси  $x_1$ .

а) Что произошло в результате деформации с материальными элементами, первоначально расположенными параллельно и перпендикулярно координатной оси  $x_1$  при  $a > 0$  и  $-1 < a < 0$ ?

б) Найти поле перемещения в лагранжевом и в эйлеровом описании и вычислить компоненты тензоров деформаций Грина и Альманси.

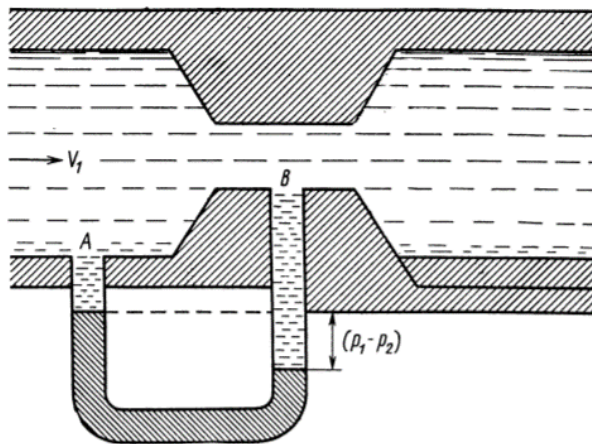
**Задача 5.** Пусть в декартовой системе координат  $x, y, z$  тензор напряжений имеет единственную ненулевую компоненту  $\sigma_x = -\rho g x + \varphi(y, z)$ ,  $\rho = \text{const}$ ,  $g = \text{const}$ . Найти массовые силы, если известно, что среда находится в равновесии.

**Задача 6.** Найти деформации, вызванные напряжениями

$$\Sigma = \begin{pmatrix} x_1^2 - 3x_2^2 & -2x_1x_2 & 0 \\ -2x_1x_2 & x_1^2 + x_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 2\nu(x_1^2 - x_2^2) \end{pmatrix}.$$

**Задача 7.** Найти приращение работы на пластических деформациях  $dW^P$  и приращение эквивалентной пластической деформации  $d\varepsilon_{\text{экр}}^P$  для двусосного напряженного состояния  $\sigma_{11} = -\sigma_T / \sqrt{3}$ ,  $\sigma_{33} = \sigma_T / \sqrt{3}$ ,  $\sigma_{12} = \sigma_{13} = \sigma_{22} = \sigma_{23} = 0$ , если пластическая деформация происходит так, что  $d\varepsilon_I^P = C$ , где  $C$  – некоторая постоянная.

**Задача 8.** С трубкой переменного сечения соединяется манометр U-образной формы, содержащий ртуть (трубка Вентури). Разность уровней в манометре измеряет разность давлений ( $p_1 - p_2$ ) в точках А и В. Определить скорость  $v_1$  течения несжимаемой жидкости, протекающей через трубку, зная разность давлений ( $p_1 - p_2$ ) и поперечные сечения  $S_1$ ,  $S_2$  трубки у точек А и В.



**Задача 9.** Найти распределение давления и плотности в политропной атмосфере, для которой давление  $p$  и плотность  $\rho$  связаны соотношением  $p = p_0 (\rho / \rho_0)^\gamma$ ,  $\gamma > 1$ . Определить высоту атмосферы.

**Задача 10.** Объем  $V$  идеальной несжимаемой однородной жидкости находится в равновесии под действием массовых сил, направленных к неподвижному центру и пропорциональных расстоянию от этого центра. Определить форму свободной поверхности жидкости и давление в центре.

