

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЛА

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Емельянов Владислав Николаевич, д.т.н., профессор, профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЛА

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК-6 — способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

на уровне представлений: основы численных методов; основные законы физики;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов, в которых имеет место взаимодействие и взаимовлияние процессов различной физической природы;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

умения:

теоретические: строить математические модели физических явлений, химических процессов, экологических систем; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

практические: проводить физический и химический эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; работать на компьютере (знание операционной системы, использование основных математических программ, программ отображения результатов, публикации, поиска информации через Интернет);

навыки:

владения основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

ОПК-6

знания:

на уровне представлений: основы численных методов; основные законы физики;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов, в которых имеет место взаимодействие и взаимовлияние процессов различной физической природы;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

умения:

теоретические: строить математические модели физических явлений, химических процессов, экологических систем; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

практические: проводить физический и химический эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; работать на компьютере (знание операционной системы, использование основных математических программ, программ отображения результатов, публикации, поиска информации через Интернет);

навыки:

владения основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРКТ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-4 — Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-6
3	6	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.	3	1	1	0	2	5	5
3	6	Раздел 2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела. Тензор напряжений, тензор малых деформаций. Конечные деформации. Система уравнений теории упругости. Условия совместности. Общая постановка задач линейной теории упругости. Уравнения в напряжениях и в перемещениях. Матричная формулировка задач теории упругости. Плоская задача теории упругости. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Функция напряжений Эйри. Теория пластичности.	16	8	6	2	8	5	5
3	6	Раздел 3. Распространение волн в упругой сплошной среде. Волны сжатия и волны искажения. Отражение и преломление волн. Поверхностные волны.	3	1	1	0	2	5	5
3	6	Раздел 4. Термодинамика деформации. Связанная задача теории упругости. Теплопроводность в анизотропном теле. Тепловой удар. Задача о внезапном нагреве полупространства. Тепловые волны. Гиперболическое уравнение теплопроводности.	5	3	1	2	2	10	10
3	6	Раздел 5. Теория оболочек. Введение в теорию поверхностей. Криволинейные координаты на поверхности. Моментная и безмоментная теория оболочек. Динамические задачи теории оболочек. Оболочки в потоках.	6	4	2	2	2	10	10
3	6	Раздел 6. Теория разрушения. Математические модели хрупкого разрушения. Теория трещин. Эрозийное разрушение. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.	5	3	2	1	2	5	5
3	6	Раздел 7. Динамические задачи. Теория устойчивости. Модальный анализ конструкций.	3	1	1	0	2	10	10
3	6	Раздел 8. Ударное воздействие и импульсное нагружение. Взаимодействие ударных волн с веществом. Ударные волны в конденсированных средах.	3	1	1	0	2	10	10
3	6	Раздел 9. Проникание. Классификация явлений проникания. Явления неограниченной кумуляции. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.	6	4	2	2	2	5	5
3	6	Раздел 10. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. Воздействие излучений высокой мощности. Модели теплового разрушения. Процессы высокоинтенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.	3	1	1	0	2	10	10
3	6	Раздел 11. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния. Понятие о методе граничного элемента.	14	6	2	4	8	10	10
3	6	Раздел 12. Современные пакетные технологии. Современные пакеты и CAE (Computer Aided Engineering) технологии решения задач НДС. САПР в задачах НДС.	33	18	14	4	15	5	5
3	6	Раздел 13. Написание реферата. Написание реферата на индивидуальную тему. Подготовка, выполнение и презентация реферата.	8	0	0	0	8	10	10
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле	2
2	Раздел 4. Термодинамика деформации.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	2
3	Раздел 5. Теория оболочек.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	2
4	Раздел 6. Теория разрушения.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	1
5	Раздел 9. Проникание.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	2
6	Раздел 11. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	4
7	Раздел 12. Современные пакетные технологии.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	4
Всего за 6 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
2	Раздел 2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.	Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле.	8
3	Раздел 3. Распространение волн в упругой сплошной среде.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
4	Раздел 4. Термодинамика деформации.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
5	Раздел 5. Теория оболочек.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
6	Раздел 6. Теория разрушения.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
7	Раздел 7. Динамические задачи.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
8	Раздел 8. Ударное воздействие и импульсное нагружение.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2

9	Раздел 9. Проникание.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
10	Раздел 10. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
11	Раздел 11. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел	7
12		Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	1
13		Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
14	Раздел 12. Современные пакетные технологии.	Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета САЕ-технологии.	7
15		Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки.	6
16	Раздел 13. Написание реферата.	Написание реферата на индивидуальную тему.	8
Всего за 6 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6		КВ		КВ		ДР	КВ		Отч. по ПЗ	ДР	КВ		Отч. по ПЗ	КВ	Отч. по ПЗ	ДР	Реф, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Реф – реферат;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
2. В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. В. Н. Емельянов, С. О. Здоровенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
6. С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
7. Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОСНОВЫ, ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-6 способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованием методов расчетного моделирования напряженно-деформированного состояния тел и сопряженных задач термо- и аэроупругости в объектах новой техники на основе современных информационных технологий. Уровень освоения содержания дисциплины должен обеспечивать эффективную профессиональную деятельность при проведении исследований процессов и оптимизации их характеристик в энергетических установках различных типов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1) В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (1 - 5)	2
Итого по разделу 1		2
Раздел 2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.		
Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле.	С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1) В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (1 - 4)	8
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Распространение волн в упругой сплошной среде.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (6)	2
Итого по разделу 3		2
Раздел 4. Термодинамика деформации.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (5)	2
Итого по разделу 4		2
Раздел 5. Теория оболочек.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (6 - 11)	2
Итого по разделу 5		2
Раздел 6. Теория разрушения.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1-3)	2
Итого по разделу 6		2
Раздел 7. Динамические задачи.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (13)	2
Итого по разделу 7		2
Раздел 8. Ударное воздействие и импульсное нагружение.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (9)	2
Итого по разделу 8		2
Раздел 9. Проникание.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (10)	2
Итого по разделу 9		2
Раздел 10. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (11)	2
Итого по разделу 10		2
Раздел 11. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.		
Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел	Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (14)	7
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.		1
Итого по разделу 11		8
Раздел 12. Современные пакетные технологии.		

Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (14) В. Н. Емельянов, С. О. Здравовенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-4)	2
Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета CAE-технологии.		7
Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки.		6
Итого по разделу 12		15
Раздел 13. Написание реферата.		
Написание реферата на индивидуальную тему.	В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (все главы)	8
Итого по разделу 13		8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- реферат;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

1. Общая характеристика процессов, сопровождающих работу конструкции.
2. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.
3. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.
4. Тензор напряжений, тензор малых деформаций.
5. Конечные деформации.
6. Система уравнений теории упругости.
7. Условия совместности.
8. Общая постановка задач линейной теории упругости.
9. Уравнения в напряжениях и в перемещениях.
10. Матричная формулировка задач теории упругости.
11. Плоская задача теории упругости.
12. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.
13. Функция напряжений Эйри.
14. Теория пластичности.
15. Распространение волн в упругой сплошной среде.
16. Волны сжатия и волны искажения.
17. Отражение и преломление волн.
18. Поверхностные волны.
19. Термодинамика деформации.
20. Связанная задача теории упругости.
21. Теплопроводность в анизотропном теле.
22. Тепловой удар.
23. Задача о внезапном нагреве полупространства.
24. Тепловые волны.
25. Гиперболическое уравнение теплопроводности.
26. Теория оболочек.
27. Введение в теорию поверхностей.
28. Криволинейные координаты на поверхности.
29. Моментная и безмоментная теория оболочек.
30. Динамические задачи теории оболочек.
31. Оболочки в потоках.
32. Теория разрушения.
33. Математические модели хрупкого разрушения.
34. Теория трещин. Эрозионное разрушение.
35. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.
36. Динамические задачи.
37. Теория устойчивости.
38. Модальный анализ конструкций.
39. Ударное воздействие и импульсное нагружение.
40. Взаимодействие ударных волн с веществом.
41. Ударные волны в конденсированных средах.
42. Проникание. Классификация явлений проникания.
43. Явления неограниченной кумуляции.
44. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.
45. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.
46. Воздействие излучений высокой мощности.
47. Модели теплового разрушения.
48. Процессы высокointенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.
49. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.
50. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния.
51. Понятие о методе граничного элемента.

52. Современные пакеты и CAE (Computer Aided Engineering) технологии решения задач НДС.
53. САПР в задачах НДС.

Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию (ПЗ)

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Защита ПЗ

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

Перечень практических заданий приведен в УМК дисциплины.

Реферат

Объем реферата – не менее 10...15 стр. Обязательно использование не менее 3-х отечественных и не менее 1-го иностранного источника, опубликованных в последние 15 лет. Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word". Процедура защиты реферата включает ответы на вопросы преподавателя, выступление с презентацией результатов и последующим групповым обсуждением темы. В ходе защиты реферата обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Критерии оценивания

Оценка реферата выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- постановка доклада и доклад – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Распределение баллов по элементам:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 7 баллов;
- соответствие целям и задачам дисциплины 7 баллов;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 8 баллов;
- логичность и последовательность в изложении материала 8 баллов;
- способность к работе с литературными источниками, интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 8 баллов;
- объем исследованной литературы и других источников информации 7 баллов;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников 7 баллов;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 7 баллов;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 7 баллов;
- навыки планирования и управления временем при выполнении работы 7 баллов;
- обоснованность выводов 7 баллов;
- наличие авторской аннотации к реферату 7 баллов;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 7 баллов;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 6 баллов.

Реферат считается принятым при наборе студентом более 85 баллов.

Примеры тем рефератов:

1. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.
2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.
3. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.
4. Термодинамика деформации.
5. Связанная задача теории упругости.
6. Тепловой удар и тепловые волны.
7. Динамические задачи теории оболочек.
8. Теория разрушения.
9. Математические модели хрупкого разрушения.
10. Теория трещин. Эрозионное разрушение.
11. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.
12. Взаимодействие ударных волн с веществом.
13. Ударные волны в конденсированных средах.
14. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.
15. Модели теплового разрушения.
16. Процессы высокоинтенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.
17. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.

18. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния.

19. Понятие о методе граничного элемента.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет, включает в себя два теоретических вопроса по выбору преподавателя из списка вопросов по разделам дисциплины. Перечень вопросов для дифференцированного зачета приведен в УМК дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

Оценки «зачтено-отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.

Оценки «зачтено-хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «зачтено-удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-6	
3	6	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции.	3	1	1	0	2	5	5	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.	16	8	6	2	8	5	5	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 3. Распространение волн в упругой сплошной среде.	3	1	1	0	2	5	5	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 4. Термодинамика деформации.	5	3	1	2	2	10	10	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 5. Теория оболочек.	6	4	2	2	2	10	10	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 6. Теория разрушения.	5	3	2	1	2	5	5	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 7. Динамические задачи.	3	1	1	0	2	10	10	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 8. Ударное воздействие и импульсное нагружение.	3	1	1	0	2	10	10	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 9. Проникание.	6	4	2	2	2	5	5	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 10. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.	3	1	1	0	2	10	10	Контрольные вопросы
3	6	Раздел 11. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	14	6	2	4	8	10	10	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 12. Современные пакетные технологии.	33	18	14	4	15	5	5	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 13. Написание реферата.	8	0	0	0	8	10	10	Реферат
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

Вопросы открытого типа:

№ 1 В ортогональной системе координат x, y, z ось z , нормальная к плоскости координат (x, y) имеет два возможных направления. Нарисуйте схему, которая отвечает правой системе координат.

№ 2 Верно ли утверждение:

Рассматривается задача о распространении плоской термоупругой волны, возникающей в полупространстве при мгновенном нагреве его границы. Состояние тела описывается системой уравнений связанной динамической задачи термоупругости, которая имеет вид:

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (3\lambda + 2\mu) \alpha_T \frac{\partial \theta}{\partial x};$$

$$\lambda_q \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \rho c_\epsilon \frac{\partial \theta}{\partial t} + (3\lambda + 2\mu) \alpha_T T_o \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t}.$$

№ 3 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за плоскопараллельное смещение всех точек окрестности как единое целое?

№ 4 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за деформацию среды растяжение-сжатие и сдвиг?

№ 5 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за вращение как твердое тело?

№ 6 Произвольный тензорный объект может быть представлен в виде суммы девиаторной и шаровой составляющих. Верно ли утверждение, что тензор, у которого первый инвариант равен нулю, называется девиатором?

№ 7 Вынужденные колебания под действием срывных течений, которые (течения) генерируются другим телом или другим элементом летательного аппарата называются

№ 8 Верно ли утверждение:

Скорость распространения в упругой среде волны расширения определяется выражением:

$$v_e = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)\rho}}$$

№ 9 Верно ли утверждение, что компоненты единичного тензора могут быть представлены с помощью оператора Кронекера в виде

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}$$

№ 10 Представлены главные инварианты тензора с их представлением через главные значения.

$$\begin{aligned} I_1 &= \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \\ I_2 &= \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 \\ I_3 &= \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \end{aligned}$$

Сохраняется ли инвариантность при переходе в новую систему координат?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Уравнения равновесия для плоского напряженного состояния тела для стационарного, плоского случая имеет вид

$$\begin{aligned} - \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} + \frac{\partial \bar{\sigma}_z}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \\ - \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} &= \rho \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \\ - \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} &= 0 \\ - \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} &= \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \end{aligned}$$

№ 2 При решении задачи определения главных значений и главных осей тензора рассматривается система линейных однородных уравнений.

Охарактеризуйте свойства такой системы

- Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель равен нулю
- Система имеет только нулевое решение
- Система всегда имеет ненулевые решения, которые определяются методом Гаусса
- Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель не равен нулю

№ 3 Дивергенция тензора P определяется как

$$\begin{aligned} - \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{p}_z}{\partial z} \\ - \frac{\partial^2 \mathbf{p}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_y}{\partial y^2} \\ - \frac{\partial^2 \mathbf{p}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_z}{\partial z^2} \\ - \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{p}_z}{\partial z} \end{aligned}$$

№ 4

Рассмотрим тензор $P = (\mathbf{p}_x, \mathbf{p}_y, \mathbf{p}_z)$, определяемый тремя векторами. В индексной записи компоненты тензорного расхождения запишутся в виде

$$\begin{aligned} - (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} - \frac{\partial p_{12}}{\partial x_2} - \frac{\partial p_{13}}{\partial x_3} \\ - (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial p_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial p_{33}}{\partial x_3} \\ - (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial^2 p_{11}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 p_{12}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 p_{13}}{\partial x_3^2} \\ - (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial p_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial p_{13}}{\partial x_3} \end{aligned}$$

№ 5 Для дифференцируемого векторного поля можно в каждой точке его определения создать объект.

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial a_1}{\partial x_1} & \frac{\partial a_1}{\partial x_2} & \frac{\partial a_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial a_2}{\partial x_1} & \frac{\partial a_2}{\partial x_2} & \frac{\partial a_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial a_3}{\partial x_1} & \frac{\partial a_3}{\partial x_2} & \frac{\partial a_3}{\partial x_3} \end{pmatrix}$$

Для приведенного объекта указать его определение

- Тензор производной от вектора по радиус-вектору
- Вектор производных от проекций вектора по координатам
- Матрица дивергенций проекций вектора
- Девиатор тензора производных

№ 6 Аффинный ортогональный тензор представляется тремя векторами, которые образуют столбцы квадратной матрицы тензора.

P – матрица тензора, W – матрица направляющих косинусов, строки которой составляют косинусы углов между новой осью и старыми осями. «Т» – символ транспонирования матрицы.

Выбрать соотношение, определяющее представление матрицы тензора в новой системе координат

- $W^T \cdot P \cdot W$
- $W^T \cdot P \cdot W^T$
- $W \cdot P \cdot W^T$
- $W \cdot P \cdot W$

№ 7 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает одноосному напряженному состоянию

$$\begin{aligned} & \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\ & \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\ & \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\ & \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\ & \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\ & \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}. \end{aligned}$$

№ 8 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает одноосному деформированному состоянию

$$\begin{aligned} & \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\ & \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\ & \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\ & \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\ & \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\ & \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}. \end{aligned}$$

№ 9 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает плоскому напряженному состоянию

$$\begin{aligned}
\sigma_1 &= E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\
\sigma_2 &= \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\
\varepsilon_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\
\varepsilon_{13} &= \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\
\varepsilon_{11} &= \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\
\varepsilon_{33} &= -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}.
\end{aligned}$$

№ 10 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает плоскому деформированному состоянию

$$\begin{aligned}
\sigma_1 &= E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\
\sigma_2 &= \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\
\varepsilon_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\
\varepsilon_{13} &= \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\
\varepsilon_{11} &= \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\
\varepsilon_{33} &= -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}.
\end{aligned}$$

ОПК-6

Вопросы открытого типа:

- № 1 Верно ли утверждение, что если начала координатных систем совмещены, то переход в новое положение можно осуществить с помощью трех поворотов, проводимых в определенной последовательности относительно некоторых вспомогательных осей. Углы этих поворотов называются эйлеровыми
- № 2 Произвольный тензорный объект может быть представлен в виде суммы девиаторной и шаровой составляющих. Верно ли утверждение, что диагональный тензор, у которого все диагональные компоненты одинаковы называется шаровым тензором.
- № 3 Различают различные виды аэроупругих явлений. Галомирование это
- № 4 Различают различные виды аэроупругих явлений. Тряска это
- № 5 Различают различные виды аэроупругих явлений. Параметрические колебания элементов в ветровом потоке это
- № 6 Различают различные виды аэроупругих явлений. Колебания под действием дискретной турбулентности это
- № 7 Верно ли утверждение:

квадратная матрица A порядка n диагонализируема тогда и только тогда, когда существует система n линейно независимых векторов, каждый из которых является собственным вектором матрицы A .

- № 8 Приведено дифференциальное уравнение с частными производными. К уравнениям какого вида приводятся задачи механики деформируемого тела? К какому типу относится данное дифференциальное уравнение с частными производными?

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)$$

- № 9 Приведено дифференциальное уравнение с частными производными. К уравнениям какого вида приводятся задачи механики деформируемого тела? К какому типу относится данное дифференциальное уравнение с частными производными?

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

№ 10

Приведено дифференциальное уравнение с частными производными. К уравнениям какого вида приводятся задачи механики деформируемого тела? К какому типу относится данное дифференциальное уравнение с частными производными?

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Гармоническую бегущую волну удобно представлять в комплексной показательной форме

$$\exp(i[kx - \omega t]).$$

Сопоставить параметры волнового движения с параметрами бегущей координаты

$$\begin{aligned} & - \frac{2\pi}{k} \\ & - \frac{\omega}{2\pi} \\ & - \frac{k}{2\pi} \\ & - \frac{2\pi}{\omega} \end{aligned}$$

№ 2

Два вектора **a** и **b** представлены столбцами их проекций на координатные оси. Указать выражение, определяющее тензорное (диадное) произведение этих векторов.

«Т» - символ транспонирования матрицы.

$$\begin{aligned} & - \mathbf{a} * \mathbf{b} \\ & - \mathbf{a}^T * \mathbf{b}^T \\ & - \mathbf{a}^T * \mathbf{b} \\ & - \mathbf{a} * \mathbf{b}^T \end{aligned}$$

№ 3

Для перехода в новую систему координат составляется матрица направляющих косинусов, строками которой являются косинусы углов между новой осью и осями старой системы координат.

Каким свойством обладает эта матрица?

- Матрица ортогональная
- Матрица симметрическая
- Матрица антисимметрическая
- Матрица девиаторная

№ 4

В стержне из упругого материала могут распространяться волны напряженно-деформированного состояния. Выберите верное представление этой стержневой скорости от параметров

$$\begin{aligned} & E - \text{модуль упругости,} \\ & \rho - \text{плотность материала,} \\ & F - \text{площадь поперечного сечения,} \\ & \lambda - \text{теплопроводность.} \\ & - \sqrt{\frac{EF}{\lambda}} \\ & - \sqrt{\frac{E}{\lambda}} \\ & - \sqrt{\frac{E}{\rho}} \\ & - \sqrt{\frac{EF}{\rho}} \end{aligned}$$

№ 5

Какого типа волны могут распространяться в безграничной изотропной упругой среде

- Только продольные волны
 - Только поперечные волны
 - Продольные волны сжатия и поперечные (сдвиговые) волны
- № 6
- Плоская гармоническая продольная волна падает под углом на границу упругого тела с вакуумом. Выбрать картину взаимодействия
- Отражение происходит в виде двух волн – продольной и поперечной с разными волновыми векторами. Соотношение интенсивностей волн зависит от угла падения
 - Отражается продольной волной в противофазе. Угол отражения равен углу падения
 - Отражается поперечной волной. Угол отражения равен углу падения
- № 7
- Плоская волна сжатия падает по нормали к границе тела с вакуумом. Выберите верный вид взаимодействия волны с границей
- Волна сжатия отражается от границы волной разряжения с тем же амплитудным значением
 - На границе с вакуумом волна гаснет. Отраженных волн не возникает
 - Волна сжатия отражается волной сжатия с той же интенсивностью
- № 8
- Для сокращения записи выражений, в которых выполняется суммирование по одному или нескольким индексам, применяется правило сумм. Если в одночленном выражении, содержащем произведение компонентов, некоторый индекс повторяется, то по нему проводится суммирование.

Провести сопоставление индексной записи

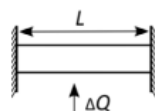
$$A = a_{ij}b_{ij}$$

с записью со знаками суммирования

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^3 a_{ik}b_{jk}, \quad i = 1, 2, 3, \quad j = 1, 2, 3 \\ & \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij}b_{ij} \\ & \sum_{j=1}^3 a_{ij}b_{jk}, \quad i = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, 3 \\ & \sum_{k=1}^3 a_{ik}, \quad i = 1, 2, 3, \quad j = 1, 2, 3 \end{aligned}$$

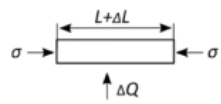
- № 9
- Под удельной теплоемкостью тела понимается количество тепла, которое необходимо передать единице массы тела, чтобы повысить температуру на один градус. Величина этого количества тепла будет зависеть от тех обстоятельств, при которых происходит передача тепла.

На рисунке представлен случай изменения теплового состояния твердого тела, закрепленного между двумя стенками так, что невозможно расширение тела. Какой теплопроводностью будет характеризоваться процесс?



- теплоемкость при постоянной деформации
 - теплоемкость при постоянном напряжении
 - теплоемкость при постоянном объеме
 - теплоемкость при постоянном давлении
- № 10
- Под удельной теплоемкостью тела понимается количество тепла, которое необходимо передать единице массы тела, чтобы повысить температуру на один градус. Величина этого количества тепла будет зависеть от тех обстоятельств, при которых происходит передача тепла.

На рисунке представлен случай изменения теплового состояния твердого тела, которое может расширяться. Какой теплопроводностью будет характеризоваться процесс?



- теплоемкость при постоянной деформации
- теплоемкость при постоянном напряжении
- теплоемкость при постоянном объеме
- теплоемкость при постоянном давлении