

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Композитные конструкции в ракетно-космической технике
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А2 ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВО РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
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	
4	8	3	108	65	39	0	26	43	0	0	43	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2026

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

А2 ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВО РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Заведующий кафедрой Ремшев Е.Ю., д.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

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:

ПК-4.1 — Способен разрабатывать, осваивать и внедрять технологические процессы и материалы для производства композитных конструкций, моделировать технологические процессы производства ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-4.1

знания:

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

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 **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**.

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

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		ПК-4.1
4	8	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования. 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.	13	8	6	2	5	5
4	8	Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде. Волны сжатия и волны искажения. Отражение и преломление волн. Поверхностные волны.	6	4	4	0	2	10
4	8	Раздел 3. Термодинамика деформации. Связанная задача теории упругости. Теплопроводность в анизотропном теле. Тепловой удар. Задача о внезапном нагреве полупространства. Тепловые волны. Гиперболическое уравнение теплопроводности.	7	5	2	3	2	10
4	8	Раздел 4. Теория оболочек. Введение в теорию поверхностей. Криволинейные координаты на поверхности. Моментная и безмоментная теория оболочек. Динамические задачи теории оболочек. Оболочки в потоках.	9	7	4	3	2	10
4	8	Раздел 5. Теория разрушения. Математические модели хрупкого разрушения. Теория трещин. Эрозийное разрушение. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.	8	6	2	4	2	10
4	8	Раздел 6. Динамические задачи. Теория устойчивости. Модальный анализ конструкций.	4	2	2	0	2	10
4	8	Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение. Взаимодействие ударных волн с веществом. Ударные волны в конденсированных средах.	4	2	2	0	2	10
4	8	Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. Воздействие излучений высокой мощности. Модели теплового разрушения. Процессы высокотемпературного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.	7	5	5	0	2	10
4	8	Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния. Понятие о методе граничного элемента.	15	10	4	6	5	10
4	8	Раздел 10. Современные пакетные технологии. Современные пакеты и CAE (Computer Aided Engineering) технологии решения задач НДС. САПР в задачах НДС.	20	16	8	8	4	5
4	8	Раздел 11. Написание реферата. Написание реферата на индивидуальную тему. Подготовка, выполнение и презентация реферата.	15	0	0	0	15	10
Всего за 8 семестр			108	65	39	26	43	100
Всего по дисциплине			108	65	39	26	43	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции.	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 3. Термодинамика деформации.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	3
3	Раздел 4. Теория оболочек.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	3
4	Раздел 5. Теория разрушения.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	4
5	Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела.	6
6	Раздел 10. Современные пакетные технологии.	Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. Основы применения CAE-пакетов для решения задач НДС.	8
Всего за 8 семестр			26

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.	1
2		Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле.	4
3	Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
4	Раздел 3. Термодинамика деформации.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
5	Раздел 4. Теория оболочек.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
6	Раздел 5. Теория разрушения.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
7	Раздел 6. Динамические задачи.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
8	Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
9	Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	2
10	Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	1
11		Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел	4
12	Раздел 10. Современные пакетные технологии.	Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета CAE-технологии.	2

13		Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки.	2
14	Раздел 11. Написание реферата.	Написание реферата на индивидуальную тему.	15
Всего за 8 семестр			43

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8				КВ	Отч. по ПЗ	ДР	КВ	Отч. по ПЗ	КВ	ДР	Отч. по ПЗ		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. С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
6. 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. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

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 **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4.1 Способен разрабатывать, осваивать и внедрять технологические процессы и материалы для производства композитных конструкций, моделировать технологические процессы производства ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с овладеть методами расчетного моделирования напряженно-деформированного состояния тел и сопряженных задач термо- и аэроупругости в объектах новой техники на основе современных информационных технологий.

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 (**39 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**43 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 65 ч. аудиторных занятий, и 43 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)	1
Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле.		4
Итого по разделу 1		5
Раздел 2. 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 2		2
Раздел 3. 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 3		2
Раздел 4. 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 4		2
Раздел 5. 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 5		2
Раздел 6. Динамические задачи.		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (13)	2
Итого по разделу 6		2
Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение.		
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 (9)	2
Итого по разделу 7		2
Раздел 8. 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 (10)	2
Итого по разделу 8		2
Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.		
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 (14)	1
Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел		4
Итого по разделу 9		5
Раздел 10. Современные пакетные технологии.		
Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета САЕ-технологии.	В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (14) В. Н. Емельянов, С. О. Здравенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1 - 4)	2
Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки.		2
Итого по разделу 10		4
Раздел 11. Написание реферата.		

Написание реферата на индивидуальную тему.	В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (все главы)	15
Итого по разделу 11		15

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

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 балльной 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.

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 высокоинтенсивного 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.

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.

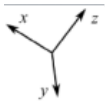
Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить 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		ПК-4.1	
4	8	Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции.	13	8	6	2	5	5	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде.	6	4	4	0	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 3. Термодинамика деформации.	7	5	2	3	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 4. Теория оболочек.	9	7	4	3	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 5. Теория разрушения.	8	6	2	4	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 6. Динамические задачи.	4	2	2	0	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение.	4	2	2	0	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.	7	5	5	0	2	10	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.	15	10	4	6	5	10	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 10. Современные пакетные технологии.	20	16	8	8	4	5	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 11. Написание реферата.	15	0	0	0	15	10	Реферат
Всего за 8 семестр			108	65	39	26	43	100	
Всего по дисциплине			108	65	39	26	43	100	

ПК-4.1 - Способен разрабатывать, осваивать и внедрять технологические процессы и материалы для производства композитных конструкций, моделировать технологические процессы производства ракетно-космической техники

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В ортогональной системе координат x, y, z ось z , нормальная к плоскости координат (x, y) имеет два возможных направления. Какой системе координат отвечает данная схема:



№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При решении задачи определения главных значений и главных осей тензора рассматривается система линейных однородных уравнений.

Охарактеризуйте свойства такой системы

А) Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель равен нулю

Б) Система имеет только нулевое решение

В) Система всегда имеет ненулевые решения, которые определяются методом Гаусса

Г) Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель не равен нулю

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Вынужденные колебания под действием срывных течений, которые (течения) генерируются другим телом или другим элементом летательного аппарата называются

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите верные утверждения:

А) 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 шаровым.

Б) Скорость распространения в упругой среде волны расширения определяется выражением:

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

В) Компоненты единичного тензора могут быть представлены с помощью оператора Кронекера в виде

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

Г) 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:

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

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

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите верные утверждения:

А) Квадратная матрица A порядка n диагонализирована тогда и только тогда, когда существует система n линейно независимых векторов, каждый из которых является собственным вектором матрицы A .

Б) Представлены главные инварианты тензора с их представлением через главные значения.

$$I_1 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$$

$$I_2 = \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3$$

$$I_3 = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3$$

При переходе в новую систему координат инвариантность не сохраняется.

В) 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.

Г) В безграничной изотропной упругой среде могут распространяться продольные волны сжатия и поперечные (сдвиговые) волны.

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Различают различные виды аэроупругих явлений

А) Галомирование

Б) Тряска

В) Бафтинг

Г) Крен

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие
Приведите соответствие

А)

$$\sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1$$

А) одноосное деформированное состояние

Б)

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1$$

Б) плоское напряженное состояние

В)

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\ \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0.$$

В) плоское деформированное состояние

Г) одноосное напряженное состояние

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

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

Приведите соответствие.

А)

1) член уравнения отвечает за плоскопараллельное смещение всех точек окрестности как единое целое

$$\frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right)$$

Б)

2) член уравнения отвечает за деформацию среды растяжение-сжатие и сдвиг

$$\bar{u}(r_0)$$

В)

3) член уравнения отвечает за вращение как твердое тело

$$\frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right)$$

Г)

$$\bar{u}(r)$$

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность действий при постановке задачи в САЕ-пакете.

- А) Построение сеточной модели
- Б) Выбор численного метода
- В) Проведение вычислений
- Г) Построение геометрической модели
- Д) Формирование математической модели, основных допущений и замыкающих соотношений
- Е) Задание граничных условий
- Ж) Задание начальных условий
- З) Постпроцессинг, обработка результатов

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Определите последовательность действий в методе прогонки для сетки из N ячеек.

- А) Определить значение функции на новом временном слое в последней ячейке.
- Б) Определить прогоночные коэффициенты в ячейках от 2 до N.
- В) Определить значения функции на новом временном слое в ячейках от N-1 до 1.
- Г) Определить прогоночные коэффициенты в первой ячейке.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Уравнения равновесия для плоского напряженного состояния тела для стационарного, плоского случая имеет вид

А)

$$\frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} + \frac{\partial \bar{\sigma}_z}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2}$$

Б)

$$\frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = \rho \frac{\partial \bar{u}}{\partial t}$$

В)

$$\frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = 0$$

Г)

$$\frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2}$$

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

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

- А) Тензор производной от вектора по радиус-вектору
- Б) Вектор производных от проекций вектора по координатам
- В) Матрица дивергенций проекций вектора

