

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета факультета математики,
информационных и авиационных технологий
от «01» мая 2024 г., протокол №_5/24

Председатель _____ / М.А. Волков
«21» мая 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Профессиональный электив. Математическое моделирование механических конструкций
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Кафедра математического моделирования технических систем
Курс	3 - очная форма обучения; 3 - заочная форма обучения

Направление (специальность): 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль/специализация): Автоматизированное управление жизненным циклом продукции

Форма обучения: заочная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Кондратьева Анна Сергеевна	Кафедра математического моделирования технических систем	Старший преподаватель,

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков математического моделирования механических систем и процессов деформирования твердых тел, необходимых для решения инженерных задач

Задачи освоения дисциплины:

- Ознакомиться с основными типами математических моделей, применяемых в механике деформируемого твердого тела.
- Освоить математический аппарат, необходимый для описания деформации и напряженного состояния твердых тел.
- Изучить основы метода конечных элементов (МКЭ) для решения задач механики деформируемого твердого тела.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Профессиональный электив. Математическое моделирование механических конструкций» относится к числу дисциплин блока Б1.В.1, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-5.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Профессиональный электив. Введение в инженерный анализ механических конструкций, Научно-исследовательская работа, Профессиональный электив. Современные системы для расчета и анализа динамических и прочностных характеристик изделий, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-5 Способен применять методики расчета изделий машиностроения на прочность	<p>знать: Основные виды нагрузок, действующих на элементы конструкции, модели материалов, применяемых в авиастроении, и их механические характеристики, принципы постановки и решения задач прочности методами механики деформируемого твердого тела.</p> <p>уметь: Определять действующие нагрузки и граничные условия, выбирать адекватные модели материалов для расчетов на прочность, применять математические методы и</p>

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
	численные алгоритмы для решения задач прочности владеть: Навыками анализа и интерпретации полученных результатов расчетов на прочность

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 2 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 72 часа

Форма обучения: заочная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>заочная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	10	10
Аудиторные занятия:	10	10
Лекции	6	6
Семинары и практические занятия	4	4
Лабораторные работы, практикумы	-	-
Самостоятельная работа	58	58
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет (4)	Зачет
Всего часов по дисциплине	72	72

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: заочная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Математическое моделирование механических конструкций							
Тема 1.1. Введение в математическое моделирование	6	0	0	0	0	6	Тестирование
Тема 1.2. Математические основы моделирования	16	2	0	0	0	14	Тестирование
Тема 1.3. Метод конечных элементов	24	2	2	0	0	20	Тестирование
Тема 1.4. Применение метода конечных элементов к задачам механики деформируемого твердого тела	22	2	2	0	0	18	Тестирование
Итого подлежит изучению	68	6	4	0	0	58	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Математическое моделирование механических конструкций

Тема 1.1. Введение в математическое моделирование

о Основные понятия: объект, модель, адекватность, точность, достоверность. о Этапы математического моделирования: постановка задачи, выбор математического аппарата, построение модели, исследование модели, анализ результатов, верификация модели. о Классификация математических моделей: детерминированные и стохастические, статические и динамические, непрерывные и дискретные, линейные и нелинейные.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 1.2. Математические основы моделирования

Тензорный анализ: тензоры, операции над тензорами, тензор деформации, тензор напряжений. Теория поля: скалярные и векторные поля, градиент, дивергенция, ротор, теорема Остроградского-Гаусса, теорема Стокса. Векторный анализ: скалярное и векторное произведение векторов, дифференцирование векторных функций, криволинейные координаты. Обыкновенные дифференциальные уравнения: линейные и нелинейные уравнения, методы решения уравнений первого и высших порядков, краевые задачи. Дифференциальные уравнения в частных производных: классификация уравнений, уравнение Лапласа, уравнение теплопроводности, волновое уравнение, методы решения уравнений.

Тема 1.3. Метод конечных элементов

Основные понятия МКЭ: конечный элемент, узлы, степени свободы, интерполяционные функции. Вариационные принципы: принцип виртуальных перемещений, принцип минимума потенциальной энергии. Аппроксимация решения: интерполяция по конечным элементам, выбор типа конечного элемента, сходимости метода. Построение системы алгебраических уравнений: матрица жесткости, вектор нагрузки, учет граничных условий. Решение системы уравнений: прямые и итерационные методы. Оценка погрешности решения.

Тема 1.4. Применение метода конечных элементов к задачам механики деформируемого твердого тела

Постановка задач механики деформируемого твердого тела : геометрия тела, свойства материала, действующие нагрузки, граничные условия. Уравнения равновесия: уравнения Коши, уравнения Навье-Стокса. Условия на границах: кинематические и динамические условия. Модели материалов: упругий материал, пластический материал, вязкоупругий материал. Решение задач механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов: выбор типа конечного элемента, построение сетки конечных элементов, решение системы алгебраических уравнений. Анализ результатов моделирования: визуализация полей напряжений и деформаций, оценка прочности и устойчивости конструкций.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1.3. Метод конечных элементов

Вопросы к теме:

Очная форма

Вывод основных формул МКЭ для одномерного случая.

Построение конечно-элементных моделей стержня при растяжении/сжатии, балки при изгибе.

Решение задач:

Найти распределение перемещений и напряжений в стержне, нагруженном осевой силой.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Определить прогиб и напряжения в балке на двух опорах, нагруженной сосредоточенной силой.

Заочная форма

Вывод основных формул МКЭ для одномерного случая.

Построение конечно-элементных моделей стержня при растяжении/сжатии, балки при изгибе.

Решение задач:

Найти распределение перемещений и напряжений в стержне, нагруженном осевой силой.

Определить прогиб и напряжения в балке на двух опорах, нагруженной сосредоточенной силой.

Тема 2.4. Применение метода конечных элементов к задачам механики деформируемого твердого тела

Вопросы к теме:

Очная форма

Анализ влияния на напряжённо-деформированное состояние типа конечного элемента (линейный, квадратичный), плотности сетки конечных элементов, способа задания граничных условий.

Заочная форма

Анализ влияния на напряжённо-деформированное состояние типа конечного элемента (линейный, квадратичный), плотности сетки конечных элементов, способа задания граничных условий.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Основные этапы математического моделирования. Какие задачи решаются на каждом этапе?
2. Типы математических моделей, применяемых в механике деформируемого твердого тела. Приведите примеры.

3. Сформулируйте закон Гука в тензорной форме. Физический смысл модуля Юнга и коэффициента Пуассона.
4. Основные типы граничных условий для задач механики деформируемого твердого тела.
5. Основные понятия тензорного анализа: тензор напряжений, тензор деформаций. Физический смысл компонент тензоров.
6. Суть метода конечных элементов (МКЭ). Основные этапы решения задачи МКЭ.
7. Типы конечных элементов, применяемых для решения задач механики деформируемого твердого тела. Критерии выбора типа элемента.
8. Как влияет размер и плотность сетки конечных элементов на точность и время расчета?
9. Основные источники погрешностей при решении задач механики деформируемого твердого тела численными методами.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: заочная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. Математическое моделирование механических конструкций			
Тема 1.1. Введение в математическое моделирование	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Тестирование

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 1.2. Математические основы моделирования	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	14	Тестирование
Тема 1.3. Метод конечных элементов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	20	Тестирование
Тема 1.4. Применение метода конечных элементов к задачам механики деформируемого твердого тела	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	18	Тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Радин В.П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов : учебное пособие / В.П. Радин, Ю.Н. Самогин, В.П. Чирков ; Радин В.П.; Самогин Ю.Н.; Чирков В.П. - Москва : Физматлит, 2013. - 316 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114851.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-9221-1485-1. / .— ISBN 0_243214

2. Самогин Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков ; Самогин Ю.Н.; Хроматов В.Е.; Чирков В.П. - Москва : Физматлит, 2012. - 200 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113809.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-9221-1380-9. / .— ISBN 0_243267

3. Зарубин В.С. Математические модели прикладной механики : учебное пособие / В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин, И.В. Станкевич ; Зарубин В.С.; Кувыркин Г.Н.; Станкевич И.В. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - 279 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703844830.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-7038-4483-0. / .— ISBN 0_255289

дополнительная

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Макаров Е. Г. Метод конечных элементов в прочностных расчётах : учебное пособие / Е. Г. Макаров ; Макаров Е. Г. - Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. - 136 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова - Инженерно-технические науки. - <https://e.lanbook.com/book/121830>. - <https://e.lanbook.com/img/cover/book/121830.jpg>. - Режим доступа: ЭБС "Лань"; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-906920-49-2. / .— ISBN 0_369670

учебно-методическая

1. Калинов Е. Д. Профессиональный электив. Математическое моделирование механических конструкций : методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направлений бакалавриата 24.03.04 «Авиастроение» и 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Е. Д. Калинов ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2023. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/15459>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_520158.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик		Кондратьева Анна Сергеевна
	Должность, ученая степень, звание	ФИО