

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 «21» мая 2024 г., протокол №\_5/24

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



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Задачи динамики и прочности конструкций</b>
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Кафедра математического моделирования технических систем
Курс	2 - очная форма обучения

Направление (специальность): 27.04.03 Системный анализ и управление

Направленность (профиль/специализация): Интегрированные системы управления производством

Форма обучения: очная

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
Санников Игорь Алексеевич	Кафедра математического моделирования технических систем	Заведующий кафедрой, Кандидат физико-математических наук, Доцент

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

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Цели освоения дисциплины:**

формирование высокопрофессиональных кадров, обладающих высоким потенциалом в области решения задач динамики инженерного анализа средствами численного моделирования в соответствии с долгосрочными тенденциями развития авиастроительной отрасли в условиях цифрового производства.

### **Задачи освоения дисциплины:**

1. Дать обучающимся комплекс теоретических знаний, охватывающих принципы организации и управления цифровым производством предприятия авиастроения, разработки производственных процессов, управления операционной деятельностью цехов, реализации проектов модернизации производства и повышения качества продукции.

2. Развить у обучающихся навыки проведения моделирования и расчета процессов создания деталей и средств технологического обеспечения с использованием систем инженерного анализа и проектирования, выбора методов и разработки алгоритмов решения организационных и производственных задач предприятия авиастроения.

3. Приобретение у обучающихся навыков постановок и решения задач инженерного анализа с использованием специализированных программных комплексов численного моделирования.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Задачи динамики и прочности конструкций» относится к числу дисциплин блока ФТД, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 27.04.03 Системный анализ и управление.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-5.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Преддипломная практика, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Моделирование и анализ бизнес-процессов деятельности авиастроительного предприятия, Управление рисками в сложных производственно-технологических системах, Моделирование и анализ бизнес-процессов, Технологическая (проектно-технологическая) практика, Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Моделирование и расчёт задач термоупругопластичности в металлургии.

## **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 участвовать в работах по совершенствованию машиностроительного производства	<p><b>знать:</b> Методы инженерных расчётов деталей и конструкций изделий летательных аппаратов с использованием прикладных инструментов</p> <p><b>уметь:</b> Использовать современные системы трехмерного математического моделирования при изготовлении изделий авиационной техники</p> <p><b>владеть:</b> Навыками работы в прикладных программах инженерных расчётов деталей и конструкций изделий летательных аппаратов</p>

#### 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: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		3
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36	36
Аудиторные занятия:	36	36
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	18	18
Самостоятельная работа	36	36
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)	-	-
Всего часов по дисциплине	72	72

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

Форма обучения: очная

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
<b>Раздел 1. Механика деформируемого твердого тела</b>							
Тема 1.1. Основные понятия, уравнения механики сплошных сред	14	2	0	0	0	12	Тестирование
Тема 1.2. Задачи механики деформируемого твердого тела	28	8	0	8	0	12	Тестирование
Тема 1.3. Методы инженерного анализа математических моделей в условиях цифрового производства	30	8	0	10	0	12	Тестирование
<b>Итого подлежит изучению</b>	72	18	0	18	0	36	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. Механика деформируемого твердого тела

#### Тема 1.1. Основные понятия, уравнения механики сплошных сред

Лагранжева и Эйлера системы координат. Математические модели, замкнутые системы уравнений, краевые и начальные условия. Элементы тензорного анализа. Теория размерностей. Теория упругости, теория пластичности, теория оболочек, теория колебаний деформируемых тел.

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

## Тема 1.2. Задачи механики деформируемого твердого тела

Примеры постановок задач. Методы решения основных задач механики деформируемого твердого тела.

## Тема 1.3. Методы инженерного анализа математических моделей в условиях цифрового производства

Механика сплошных сред – основы математического моделирования авиационных конструкций. Метод конечных элементов инженерного анализа напряженно-деформированного состояния. Метод конечных разностей инженерного анализа взаимодействия летательного аппарата с воздухом. Математические модели идеального и вязкого газов. Математические модели изотропного и анизотропного линейно-упругого состояния материала. Математические модели пластического и вязкоупругого состояний материала.

## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Решение задачи о напряженно-деформированном состоянии плоской упругой пластинки, имеющей два отверстия, методом конечных элементов МКЭ

Цели: Определение остаточных деформаций и напряжений в плоском однородном теле под действием внешних нагрузок.

Содержание: Создание плоского геометрического профиля будущей пластины с заданными конструктивными элементами. Задание свойства материала и осуществление постановки задачи с жесткой заделкой и приложением внешней силы.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

Решение задачи об изменении температуры в металле при его переходе из расплавленного состояния в твердое с помощью МКЭ.

Цели: Определение влияния температурных полей на прочностные характеристики изделия в переходном процессе.

Содержание: Подготовка осесимметричной цифровой модели, задание граничных условий температурного профиля. Постановка задачи при взаимодействии твердого тела с расплавленным материалом.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

Решение задачи об ударе упругого контейнера о недеформируемую плоскость МКЭ.

Цели: Определение влияния динамических нагрузок на остаточную деформацию и напряжение, возникающие в теле при контактном ударе с твердым телом.

Содержание: Задание граничных условий перемещения двух тел и контактных свойств между ними. Указание скорость соударения двух тел между собой с указанием свойств материала для них.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

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

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

Решение задачи о свободных колебаниях крыла самолета с помощью МКЭ.

Цели: Изучение частот свободных колебаний твердого тела. Автоколебания и вынужденные колебания твердого тела под действием внешней силы. Затухающие колебания.

Содержание: Задание граничных условий жесткой заделки твердого тела для определения частот свободных колебаний. Постановка задачи для определения автоколебаний и вынужденных колебаний под воздействием внешней силы.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

Решение задачи о течении идеальной жидкости или газа в расширяющемся канале (МКЭ)

Цели: Изучение принципов численного моделирования движения идеальной жидкости или газа в закрытом окружающем пространстве под действием внутренних и внешних сил.

Содержание: Подготовка цифровой модели объемного канала для численного моделирования движения идеальной жидкости или газа. Задание граничных условий на входе и выходе канала, указание внешней температуры и сил, влияющих на движение потока.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

Решение задачи о течении вязкой жидкости или газа в расширяющемся канале (МКЭ).

Цели: Изучение турбулентного движения потока в расширяющемся потоке при столкновении с препятствием.

Содержание: ифровое проектирование расширяющегося канала и расположенного в нем препятствия в виде твердого деформированного тела. Задание граничных условий на входе и выходе канала, контактного взаимодействия потока с твердым телом, свойства материала для препятствия.

Результаты: Получение расчетов по задаче.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Лагранжева и Эйлерова системы координат.
2. Индивидуальная, местная, конвективная производные. Найти связь между ними. Физический смысл конвективной производной.
3. Вывести уравнение закона сохранения массы.
4. Тензор второго ранга, его диадное представление.
5. Ввести понятие тензора деформации (на основе рассмотрения деформации физического волокна). Выразить тензор деформаций метрическими тензорами.

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

6. Раскрыть механический смысл компонент тензора малых деформаций.
7. Получить выражение компонент тензора деформаций через компоненты вектора перемещения.
8. Малые и бесконечно малые деформации. Ввести понятие тензора скоростей деформации. Вывести формулы Стокса.
9. Вывести 2 уравнения Сен-Венана (из 6), исходя из формул Чезаро. Записать 6 уравнений Сен-Венана в общей форме.
10. Ввести тензор напряжений. Построить формулу Коши.
11. На основе анализа поверхности напряжений ввести понятия: главные значения, главные направления тензора напряжений, инварианты тензора напряжений.
12. Разложение тензора напряжений на сумму девиатора и шарового тензора, механический смысл слагаемых.
13. Вывести уравнение движения конструкции, записать его через девиатор тензора напряжений.
14. Структура математической модели сплошной среды в Лагранжевой системе координат в смешанной форме.
15. Структура математической модели сплошной среды в Лагранжевой системе координат “в перемещениях”.
16. Структура математической модели сплошной среды в Лагранжевой системе координат “в напряжениях”.
17. Структура математической модели сплошной среды в Эйлеровой системе координат.

## **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: очная

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.)
<b>Раздел 1. Механика деформируемого твердого тела</b>			
Тема 1.1. Основные понятия, уравнения механики сплошных сред	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Тестирование
Тема 1.2. Задачи механики деформируемого твердого тела	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Тестирование
Тема 1.3. Методы инженерного анализа математических моделей в условиях цифрового производства	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Тестирование

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Леонтьев В. Л. Теоретические основы математического моделирования и исследования моделей механики конструкций : учеб. пособие / В. Л. Леонтьев. - Ульяновск : УлГУ, 2006. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,15 МБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1013>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_34412
2. Леонтьев Виктор Леонтьевич. Численные методы решения краевых задач : учеб. пособие для фак. информ. и телеком. технологий и мех.-матем. фак. / В.Л. Леонтьев. - Ульяновск : УлГУ, 2004. - 42 с. / .— ISBN 1\_139222
3. Александров Анатолий Васильевич. Сопротивление материалов : учебник для вузов / А.В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин ; под ред. А. В. Александрова. - 7-е изд., стер. - Москва : Высшая школа, 2009. - 560 с. : ил. - ISBN 978-5-06-006126-0 (в пер.). / .— ISBN 1\_171132

### дополнительная

1. Ефременков И. В. Расчет и анализ динамических и прочностных характеристик изделий с использованием программного продукта ANSYS, LS-DYNA : электронный учебный курс / И. В.



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

Ефременков. - Ульяновск : УлГУ, 2016. - URL: <https://portal.ulsu.ru/course/view.php?id=94895>. - Режим доступа: Портал ЭИОС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_303862

2. Басов, К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов ; К. А. Басов. - Саратов : Профобразование, 2019. - 640 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Лицензия до 24.09.2024. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/87978.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-4488-0064-1. / .— ISBN 0\_149892

### **учебно-методическая**

1. Ефременков И. В. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Задачи динамики и прочности конструкций» для магистратуры по направлению 27.04.03 Системный анализ и управление / И. В. Ефременков ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 281 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8943>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_42419.

### **б) Программное обеспечение**

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"
- ANSYS
- NX Academic Perpetual License Core+CAD

### **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. –

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

Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

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

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

### **13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ 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	Кандидат физико-математических наук, Доцент	Санников Игорь Алексеевич
	Должность, ученая степень, звание	ФИО