


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета факультета математики,  
информационных и авиационных технологий  
от «16» мая 2023 г., протокол № 4/23  
Председатель \_\_\_\_\_ / М.А. Волков  
«16» мая 2023 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Математическое моделирование механических конструкций
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Математического моделирования технических систем
Курс	4

Направление (специальность) 24.03.04 Авиационное  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность (профиль/специализация) Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах  
*полное наименование*

Форма обучения очная  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «1» сентября 2023 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
Вельмисов П.А.	ММТС	Профессор, д.т.н., профессор

<b>СОГЛАСОВАНО</b>	
Заведующий выпускающей кафедрой математического моделирования технических систем	
	/Санников И.А./
Подпись	ФИО «16» мая 2023 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели освоения дисциплины:** Получение теоретических знаний и практических умений в области проектирования и инженерных расчетов авиационной техники (АТ) и соответствующих средств технологического оснащения (СТО).

**Задачи освоения дисциплины:**

Обеспечить подготовку студентов в соответствии с современными и перспективными потребностями подразделений авиационных предприятий в области применения современных автоматизированных средств конструкторско-технологической подготовки производства за счет обучения теоретическим основам и формирования умений и навыков.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом. Дисциплина «Математическое моделирование механических конструкций» изучается в 5 семестре.


Для ее изучения нужны следующие общекультурные компетенции:

1. Способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выборе пути ее достижения, владением культуры мышления;
2. Способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность;
3. Способность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;
4. Способность критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков.

Полученные в ходе освоения дисциплины профессиональные компетенции будут использоваться в профессиональной деятельности, а также теоретические и практические знания и навыки далее используются при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), 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-8 Способен проводить расчеты по определению нагрузок на агрегаты летательного аппарата в полетных и наземных случаях	<b>Знать:</b> Основные положения и принципы разработки и подготовки математических моделей. <b>Уметь:</b> Осуществлять постановку задачи и задавать граничные условия для поиска решения на основе разработанных математических моделей. <b>Владеть:</b> Средствами описания законов и методов естественных наук для подготовки математических моделей исследуемых процессов

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	


ПК-9 Способен применять методики расчета летательного аппарата на прочность	<p><b>Знать:</b> автоматизированные системы проектирования и анализа технологических процессов;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать современные системы трехмерного моделирования при проектировании и изготовлении изделий авиационной техники</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками работы в прикладных программах инженерных расчётов деталей и конструкций изделий АТ и СТО</p>
---	---

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 2

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

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		6
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36	36
Аудиторные занятия:	36	36
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	18	18
Лабораторные работы, практикумы	-	-
Самостоятельная работа	36	36
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)		
Курсовая работа		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	зачет
Всего часов по дисциплине	72	72

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) 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	
1 Глава. Процесс построения моделей	16	4	4	-		8	
2 Глава. Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы	16	4	4	-		8	
3 Глава. Вариационные принципы и математические модели	8	2	2	-		4	
4 Глава. Примеры иерархии моделей	8	2	2	-		4	
5 Глава. Сохранение массы вещества	8	2	2	-		4	
6 Глава. Сохранение энергии	8	2	2	-		4	
7 Глава. Совместное применение нескольких фундаментальных законов	8	2	2	-		4	
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)							зачет
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>		<b>36</b>	<b>-</b>

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Раздел 1. Процесс построения моделей


Решение задач.

Раздел 2. Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы

Тема 2.1. Траектория всплытия подводной лодки

Тема 2.2. Колебание колец Сатурна

Тема 2.3. Движение шарика, присоединенного к пружине

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

### Раздел 3. Вариационные принципы и математические модели

Тема 3.1. Общая схема принципа Гамильтона.

Тема 3.2. Колебание маятника в поле силы тяжести.

Тема 3.3. Использование принципа Гамильтона для построения моделей механических систем.

Решение задач.

Глава 4. Примеры иерархии моделей

Тема 4.1 Различные варианты действия заданной внешней силы

Тема 4.2 Движение точки крепления, пружина на вращающемся стержне

Тема 4.3. Учет сил трения

Решение задач.

Глава 5. Сохранение массы вещества

Решение задач.

Глава 6. Сохранение энергии. Об особенностях модели теплопередачи

Решение задач.

Глава 7. Совместное применение нескольких фундаментальных законов

Решение задач.


## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Решение задач:

1. В задаче об определении скорости пули примените для нахождения величины  $V$  скорости системы “пуля-груз” сразу после столкновения не закон сохранения энергии, а закон сохранения импульса. Убедитесь, что для скорости пули

$v$  получается формула, дающая значение в  $\left[ \frac{m+M}{m} \right]^{\frac{1}{2}}$  раз меньше, чем получающееся по формуле.

2. Найдите момент времени, когда распадается последний атом радиоактивного вещества. Почему в модели вещество распадается полностью лишь при  $t \rightarrow \infty$
3. Пользуясь формулой, найдите, при каких  $\alpha$  лучи света не проникают из среды  $\alpha$  во вторую среду, то есть, когда реализуется эффект полного внутреннего отражения света (найти  $\alpha_{\min}, t_{\min}$  через  $a, b, c$ ).
4. Определите, как себя должна вести при больших  $t$  величина  $r(t) = \alpha(t) - \beta(t)$  в модели Мальтуса, чтобы численность популяции оставалась ограниченной при  $t \rightarrow \infty$
5. В задаче о всплытии подводной лодки учесть сопротивление воды, принимая силу сопротивления  $F_1 = -k_0 u$ , где  $u$  - вертикальная составляющая скорости

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

лодки. А также найти max глубину, при всплытии с которой можно пренебречь силой  $F_1$ , в любой момент времени  $t \ll t_k$  (должно выполняться требова-

ние  $F_1 \ll F - P$ ,  $u = \frac{dh}{dt}$

6. Пусть расстояния между точкой нейтрального положения пружины  $r = 0$  и стенкой, к которой она крепится, равно  $L$ . Найдите, пользуясь формулой  $r = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ ,  $\dot{r} = A \omega \cos \omega t - B \omega \sin \omega t$ ,

условия на величины  $r_0, v_0$ , при выполнении которых шарик не может удариться о стенку (в противном случае модель неверна, так как не учитывается сила удара о стенку)

7. Вывести модель (маятник в поле сил тяжести) с помощью 2-го закона Ньютона.
8. Получите уравнение движения шарика на пружине, перемещающейся по идеальной поверхности с непостоянным наклоном под действием силы натяжения пружины и силы тяжести. Уравнение поверхности  $y = f(x)$

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

1. Моделирование движения воздушного потока вблизи воздушного судна.
2. Моделирование кинематики движения механизированных частей крыла самолета
3. Моделирование тепловых показателей работы самолетного оборудования.
4. Моделирование вибрационных характеристик полета самолета.

## ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

*Данный вид работы не предусмотрен УП*


### 8. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

Раздел 1.

- 1.1 Моделирование как метод исследования.
- 1.2 Правила моделирования.
- 1.3 Этапы моделирования.
- 1.4 Понятие модели.
- 1.5 Классификация моделей.
- 1.6 Классификация математических моделей.
- 1.7 Свойства математических моделей.
- 1.8 Требования к математическому моделированию.
- 1.9 Этапы построения и применения математических моделей.

Раздел 2.

- 2.1 Понятие системы.
- 2.2 Принципы системного подхода.
- 2.3 Классификация систем.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

### Раздел 3.

- 3.1 Техника.
- 3.2 Технический объект.
- 3.3 Жизненный цикл технического объекта.
- 3.4 Техническая система.
- 3.5 Технология.
- 3.6 Взаимосвязь техники и технологии

### Раздел 4.

- 4.1 Методология проектирования.
- 4.2 Техника и технические объекты с позиций системного подхода.
- 4.3 Структура и параметры объектов проектирования.
- 4.4 Стадии, аспекты и режимы процесса проектирования.
- 4.5 Постановка задач проектирования.
- 4.6 Особенности технологии автоматизированного проектирования технического объекта.

### Раздел 5.

- 5.1 Кинематика:
- 5.2 Динамика материальной точки.
- 5.3 Две основные задачи динамики материальной точки.
- 5.4 Дифференциальные уравнения движения материальной точки.

### Раздел 6.

- 6.1 Связи.
- 6.2 Действительные возможные перемещения.
- 6.3 Число степеней свободы, идеальные связи.
- 6.4 Общие теоремы динамики системы материальных точек.
- 6.5 Теорема о движении центра масс механической системы.
- 6.6 Случай замкнутой механической системы.


### Раздел 7.

- 7.1 Примеры несвободных систем.
- 7.2 Принцип виртуальных перемещений.
- 7.3 Применение принципа виртуальных перемещений.
- 7.4 Принцип Даламбера.
- 7.5 Принцип Даламбера - Лагранжа.
- 7.6 Общее уравнение механики.
- 7.7 Уравнения Лагранжа в независимых координатах.

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы ( <i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i> )	Объем в часах	Форма контроля ( <i>проверка решения задач, реферата и др.</i> )
Раздел 1	проработка учебного материала	8	проверка решения задач
Раздел 2	проработка учебного материала	8	проверка решения задач
Раздел 3	проработка учебного материала	4	проверка ре-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

			шения задач
Раздел 4	проработка учебного материала	4	проверка решения задач
Раздел 5	проработка учебного материала	4	проверка решения задач
Раздел 6	проработка учебного материала	4	проверка решения задач
Раздел 7	проработка учебного материала	4	проверка решения задач

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная

1. Леонтьев В.Л. Теоретические основы математического моделирования и исследования механики конструкций. Ульяновск: УлГУ, **2006**. (15 экз) 128 с.
2. Степин П.А. Сопроотивление материалов. СПб: Лань. **2012**. (4 экз)

#### дополнительная

1. Леонтьев В.Л. Численные методы решения краевых задач. Ульяновск: УлГУ, **2004**. 42 с.
2. Семушин И.В. Численные методы алгебры и оценивание. УлГУ. **2011** (19 экз)

#### учебно-методическая


Ефременков И. В.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, связанных с моделированием процессов теплового нагружения печатных плат в программном продукте IcePak : для студентов направления бакалавриата “Авиастроение” и “Автоматизация технологических процессов производства” / И. В. Ефременков; УлГУ, ФМИиАТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,39 Мб). - Текст : электронный. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/2007>

Согласовано:

ДИРЕКТОР НБ / 
 БУРХАНОВА М.М. / 
  / 
 2022  
 Должность сотрудника научной библиотеки      ФИО      подпись      дата



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

## б) Программное обеспечение \_\_\_\_\_

### 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, [2023]. – 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, [2023]. - 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, [2023]. – 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, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – 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, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - 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, [2023].

#### 3. Базы данных периодических изданий:


3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – 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.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины	2023	

Согласовано: \_\_\_\_\_  
 |  | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИТИТ | ФИО | подпись | дата

### 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:


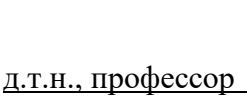
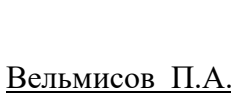
Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*).

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления 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, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

### 11. 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.

Разработчик \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_   
подпись | должность | ФИО