

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 05 » декабря 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование и 3D-визуализация сложных систем  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Специальные электрические машины для авиационных силовых установок  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является освоение учащимися основных подходов и методов построения математических моделей для широкого спектра природных, физических, механических процессов с использованием современных цифровых технологий и сервисов.

Задачами дисциплины являются:

Освоение основных понятий, классификаций, подходов и методов, используемых при разработке и реализации математических моделей. Дать знания об основных цифровых инструментах и сервисах для исследовательской работы с целью поиска информации о постоянно развивающихся новых методах разработки математических моделей и их реализации с использованием современных цифровых инструментов.

Получение навыков коллективной работы над проблемами («мозгового штурма»), в том числе с применением современных цифровых инструментов для дистанционной и коллективной работы, умений грамотно и аргументированно докладывать собственную научную работу, отстаивать свои позиции.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Подходы, методы, этапы построения математических моделей широкого спектра процессов.

Подходы и методы реализации математических моделей, в том числе с применением современных технологий и инструментов.

Простейшие модели физических, механических, технологических процессов, статистические и имитационные модели.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знает методологию разработки математических моделей и особенности ее применения при разработке моделей процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления	Знает основные методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умеет применять методы математического моделирования при разработке моделей процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления	Умеет создавать и анализировать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности	Индивидуальное задание
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеет базовыми навыками математического моделирования и умеет их применять при разработке моделей процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления	Владеет навыками прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности с использованием современных программно-технических средств	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	64	32	32
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	54	54
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Примеры построения и реализации математических моделей	3	0	10	16
Модель движения ракеты в разных слоях атмосферы при различных вариантах концептуальной постановки задачи (различных исходных гипотезах модели). Модели динамических систем. Постановка и решение задачи теплопроводности. Постановка и решение задачи диффузии. Постановка и решение задачи кристаллизации. Постановка и решение краевой задачи теории упругости. Построение моделей материалов на различных структурно-масштабных уровнях (макроуровень-мезоуровень-микроуровень). Модели молекулярной динамики и статики. Моделирование кристаллической решетки материала (ОЦК, ГЦК). Моделирование теплового расширения тела при нагреве методами молекулярной динамики.				
Основы системного анализа. Структурные модели.	3	0	4	8
Моделирование сложных систем. Типы моделей систем. Основы системного анализа. Построение модели черного и белого ящика. Структурные модели. Тело Максвелла, тело Фойгта. Вязкоупругое и упругопластическое деформирование.				
Моделирование в условиях неопределенности.	4	0	6	10
Причины появления неопределенностей и их виды. Моделирование в условиях стохастической неопределенности. Моделирование систем массового обслуживания. Примеры построения и реализации моделей систем массового обслуживания.				
Введение в методы оптимизации.	4	0	6	10
Постановка задачи оптимизации. Выбор параметров оптимизации. Формулировка критерия оптимизации, ограничений задачи. Методы решения задач оптимизации. Многокритериальные задачи оптимизации.				
Постановка и планирование эксперимента.	4	0	6	10
Постановка и планирование эксперимента.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 1-му семестру	18	0	32	54
2-й семестр				
Методы геометрического моделирования объекта	2	0	0	2
Виды, принципы, инструменты, этапы моделирования, возможности постобработки 3d-модели				
Система для конструкторской подготовки и 3D-моделирования T-flex CAD	4	0	4	8
Введение в T-flex CAD: установка, интерфейс. Двумерное проектирование на основе инструментов чертежа и построения. Ограничения и элементы оформления объекта проектирования. Параметризация модели, как практический метод математического моделирования, на основе переменных, описывающих конструкцию изделия. Параметризация чертежа.				
Трехмерное моделирование в T-flex CAD	2	0	4	8
Основные понятия и приемы трехмерного моделирования. Примитивы, инструменты построения, операции. Расширенные возможности для моделирования. Виды поверхностного моделирования для создания объектов любой сложности. Создание рабочего чертежа. Разработка модели по чертежу. Полная ассоциативная связь между 3D-моделью и её чертежом				
Создание конфигурации 3D-моделей и 3D-сборок	2	0	4	8
Понятие сборочной единицы. Возможность комбинировать методы работы «снизу-вверх» (от детали к сборке) и «сверху-вниз» (от сборки к детали). Инструменты по созданию конфигураций 3D-моделей и 3D-сборок. Управление структурой сборки и структурой изделия. Создание сборочных чертежей и 3D-сборок без ограничений на количество деталей и глубину иерархии. Библиотеки стандартных изделий. Параметризация геометрической модели.				
Рендеринг объекта трехмерного моделирования	2	0	2	4
Работа с редактором материалов, эффекты и настройки материалов. Использование библиотек материалов и текстур. Настройки рендеринга модели. Придание эффектов фотореалистичности				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Эффекты анимации объектов трехмерного моделирования	2	0	4	6
Способы создания анимации: на основе сопряжений элементов сборки и сценарный подход Запись анимации сборки/разборки пользовательских сценариев с фотореалистическим качеством				
Основы технологий виртуальной реальности	4	0	4	4
Основы технологий виртуальной и дополненной реальности Устройства визуализации и взаимодействия для иммерсивных сред Опции среды T-flex VR, инструменты и возможности Разработка приложений виртуальной реальности объектов трехмерного моделирования Разработка проектов собственных VR приложений на базе платформы T-flex VR				
Проектная разработка сложного объекта 3d-моделирования инструментами коллективной работы над изделием	0	0	10	14
Проектная разработка сложного объекта 3d-моделирования инструментами коллективной работы над изделием				
ИТОГО по 2-му семестру	18	0	32	54
ИТОГО по дисциплине	36	0	64	108

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Работа с матрицами и векторами в пакете символьных вычислений, связь с тензорной алгеброй. Основы алгоритмизации. Графическое представление данных и визуализация результатов вычислений.
2	Примеры работы с функциями и списками. Задачи о нахождении производной и интеграла некоторой функции.
3	Модель движения ракеты в разных слоях атмосферы при различных вариантах концептуальной постановки задачи (различных исходных гипотезах модели).
4	Модели динамических систем.
5	Постановка и решение задачи теплопроводности. Краевые условия.
6	Постановка и решение задачи диффузии.
7	Постановка и решение задачи кристаллизации.
8	Постановка и решение краевой задачи теории упругости.
9	Построение и визуализация кристаллической решетки материала (объемно-центрированной, гранецентрированной), изображение систем скольжения дислокаций.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
10	Моделирование теплового расширения тела при нагреве методами молекулярной динамики.
11	Построение модели черного и белого ящика.
12	Структурные модели. Тело Максвелла, тело Фойгта. Модели вязкоупругих тел.
13	Системы массового обслуживания. Модели систем массового обслуживания с очередью и с отказами.
14	Применение моделей систем массового обслуживания для решения реальных задач в рамках профессиональной деятельности магистранта.
15	Постановка и решение задач оптимизации.
16	Постановка и планирование эксперимента.
17	Параметрическое 2d-эскизирование
18	Создание диалоговых окон управления параметрами изделия
19	Трехмерное моделирование объекта на основе примитивов и стандартных операций
20	Моделирование формообразования сложных поверхностей деталей
21	Создание 3d-сборки с участием стандартных крепежных соединений
22	Подготовка комплекта рабочей графической документации на объект
23	Параметризация и управление 3d-сборкой
24	Фотореализм сцены объектов трехмерного моделирования
25	Анимация сборки/разборки изделия
26	Визуализация электронной модели изделия в среде виртуальной реальности
27	Измерения и анализ эргономики изделия в среде виртуальной реальности
28	Детализирование: от чертежа до параметрической анимированной сборки
29	Имитация КБ: разработка электронной модели сложного изделия
30	Создание и подготовка 3D-моделей для 3D-печати

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Выключатель подачи топлива»
2	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Кран сливной»
3	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Зажим гидравлический»
4	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Клапан предохранительный»
5	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Призма раздвижная»
6	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Тиски»

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
7	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Зажим гидравлический поворотный»
8	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Ролик поддерживающий»
9	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Отводка с винтовым приводом»
10	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Обойма»
11	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Клапан перепускной»
12	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Отводка ручная»
13	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Подшипник»
14	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Регулятор давления»
15	Моделирование и визуализация сборочной единицы типа «Клапан пусковой»

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.



## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э., Наймарк О.Б. Москва : Логос, 2005. 439 с.	31
2	Ефремов Г. В., Ньюкалова С. И. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем : учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Старый Оскол : ТНТ, 2016. 262 с. 30,69 усл. печ. л.	60
3	Компьютерное моделирование : учебник для вузов / Градов В. М., Овечкин Г. В., Овечкин П. В., Рудаков И. В. Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2019. 262 с. 17,0 усл. печ. л.	2
4	Королёв Ю. И., Устюжанина С. Ю. Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие для вузов для бакалавров, магистров и специалистов. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2014. 428 с. 34,830 усл. печ. л.	16
5	Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. Москва : Физматлит, 2005. 316 с.	14
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания : учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 2005. 535 с., 1 л. портр	4
2	Компьютерная графика в САПР : учебное пособие для вузов / Приемышев А. В., Крутов В. Н., Третьяк В.А., Коршакова О.А. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2017. 192 с. 10,29 усл. печ. л.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. <a href="http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</a>	1

2	Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485</a>	1
3	Журнал вычислительной математики и математической физики. - Москва: Наука, с 1961 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144951">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144951</a>	1
4	Математическое моделирование : журнал. - Москва: Наука. с 1989 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033</a>	1
5	Математическое моделирование : журнал. Москва : Наука, 1989 -	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов	1
2	ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам	1
3	ГОСТ 2.001-2013 ЕСКД. Общие положения	1
4	ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О.Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П.Г. М : Логос, 2007. 439 с.	35

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Брежнев, Р. В. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий: учебное пособие / Р. В. Брежнев. ? Красноярск: СФУ, 2021. ? 216 с. ? ISBN 978-5-7638-4416-0. ? Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/181656">https://e.lanbook.com/book/181656</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Жук, Ю. А. Информационные технологии: мультимедиа: учебное пособие для вузов / Ю. А. Жук. ? 3-е изд., стер. ? Санкт-Петербург: Лань, 2021. ? 208 с. ? ISBN 978-5-8114-6683-2. ? Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151663">https://e.lanbook.com/book/151663</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Петров В.В. Создание 3D моделей деталей и сборок в системе T-FLEX CAD – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017	<a href="https://www.tflex.ru/vuzam/methodology/">https://www.tflex.ru/vuzam/methodology/</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов /В.Н. Ашихмин [и др.] – Москва: Логос, 2004.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/UPNRPULib2392">http://elib.pstu.ru/Record/UPNRPULib2392</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Среды разработки, тестирования и отладки	MS Visual studio 2019 community (Free)
Среды разработки, тестирования и отладки	PIP (The Python Package Installer) Free

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	<a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	16
Лекция	видеопроектор	1
Лекция	ноутбук	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	16

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------