

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 10 » января 20 25 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 72 (2)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Цифровое проектирование оборудования и систем в  
машиностроении  
(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 |
|-------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ОПК-1       | ИД-1ОПК-1         | Знает порядок и методы определения приоритетов решаемых задач; современные методы и технологии поиска и анализа научно-технической информации в процессе профессиональной деятельности | Знает порядок и методы определения приоритетов решаемых задач; современные методы и технологии поиска и анализа научно-технической информации в процессе профессиональной деятельности | Зачет           |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)                                                                                                                                                                             | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения                                                                                                                                                            | Средства оценки        |
|-------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ОПК-1       | ИД-2ОПК-1         | Умеет формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач; выявлять критерии оценки эффективности разрабатываемых изделий и технологий | Умеет формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач; выявлять критерии оценки эффективности разрабатываемых изделий и технологий | Индивидуальное задание |
| ОПК-1       | ИД-3ОПК-1         | Владеет навыками академического и профессионального взаимодействия; научной и профессиональной терминологией; навыками работы с информационно-поисковыми системами                                                                                | Владеет навыками академического и профессионального взаимодействия; научной и профессиональной терминологией; навыками работы с информационно-поисковыми системами                                                                                | Индивидуальное задание |
| ПКО-2       | ИД-1ПКО-2         | Знает методы анализа научных данных; Методы и средства планирования и организации исследований и разработок                                                                                                                                       | Знает методы анализа научных данных; Методы и средства планирования и организации исследований и разработок                                                                                                                                       | Зачет                  |
| ПКО-2       | ИД-2ПКО-2         | Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ                                                                                | Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ                                                                                | Индивидуальное задание |
| ПКО-2       | ИД-3ПКО-2         | Владеет навыками проведения анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; Осуществление теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений                                                         | Владеет навыками проведения анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; Осуществление теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений                                                         | Индивидуальное задание |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                                            |             | Номер семестра                     |
|                                                                                            |             | 1                                  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 28          | 28                                 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:                                                 |             |                                    |
| - лекции (Л)                                                                               | 10          | 10                                 |
| - лабораторные работы (ЛР)                                                                 |             |                                    |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 16          | 16                                 |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)                                                    | 2           | 2                                  |
| - контрольная работа                                                                       |             |                                    |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)                                                | 44          | 44                                 |
| 2. Промежуточная аттестация                                                                |             |                                    |
| Экзамен                                                                                    |             |                                    |
| Дифференцированный зачет                                                                   |             |                                    |
| Зачет                                                                                      | 9           | 9                                  |
| Курсовой проект (КП)                                                                       |             |                                    |
| Курсовая работа (КР)                                                                       |             |                                    |
| Общая трудоемкость дисциплины                                                              | 72          | 72                                 |

### 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                                                                                                                                                                                                                            |                                           |    |    |                                              |
| Основы системного анализа. Структурные модели.                                                                                                                                                                                         | 1                                         | 0  | 0  | 0                                            |
| Моделирование сложных систем.<br>Типы моделей систем. Основы системного анализа.<br>Построение модели черного и белого ящика.<br>Структурные модели. Тело Максвелла, тело Фойгта.<br>Вязкоупругое и упругопластическое деформирование. |                                           |    |    |                                              |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Л                                         | ЛР | ПЗ | СРС                                          |
| Методология построения математической модели.<br>Этапы построения математической модели/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                         | 0  | 2  | 6                                            |
| Содержательная постановка задачи моделирования.<br>Формулировка технического задания на разработку модели.<br>Концептуальная постановка задачи моделирования.<br>Гипотезы модели и их обоснование.<br>Математическая постановка задачи моделирования.<br>Выбор и обоснование выбора метода реализации модели.<br>Задача идентификации параметров и верификация математической модели.<br>Проверка адекватности математической модели.                        |                                           |    |    |                                              |
| Моделирование в условиях неопределенности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1                                         | 0  | 2  | 6                                            |
| Причины появления неопределенностей и их виды.<br>Моделирование в условиях стохастической неопределенности.<br>Моделирование систем массового обслуживания.<br>Примеры построения и реализации моделей систем массового обслуживания.                                                                                                                                                                                                                        |                                           |    |    |                                              |
| Определение и назначение моделирования.<br>Моделирование как метод научного познания.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1                                         | 0  | 2  | 6                                            |
| Определение модели. Цели моделирования.<br>Классификация моделей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                           |    |    |                                              |
| Введение в методы оптимизации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                                         | 0  | 2  | 8                                            |
| Постановка задачи оптимизации.<br>Выбор параметров оптимизации.<br>Формулировка критерия оптимизации, ограничений задачи.<br>Методы решения задач оптимизации.<br>Многокритериальные задачи оптимизации.                                                                                                                                                                                                                                                     |                                           |    |    |                                              |
| Примеры построения и реализации математических моделей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                                         | 0  | 4  | 10                                           |
| Модель движения ракеты в разных слоях атмосферы при различных вариантах концептуальной постановки задачи (различных исходных гипотезах модели).<br>Модели динамических систем.<br>Постановка и решение задачи теплопроводности.<br>Постановка и решение задачи диффузии.<br>Постановка и решение задачи кристаллизации.<br>Постановка и решение краевой задачи теории упругости.<br>Построение моделей материалов на различных структурно-масштабных уровнях |                                           |    |    |                                              |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Л                                         | ЛР | ПЗ | СРС                                          |
| (макроуровень-мезоуровень-микроуровень).<br>Модели молекулярной динамики и статистики.<br>Моделирование кристаллической решетки материала (ОЦК, ГЦК).<br>Моделирование теплового расширения тела при нагреве методами молекулярной динамики.                                                                                                                                                                                            |                                           |    |    |                                              |
| Введение в пакет символьных вычислений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                                         | 0  | 4  | 8                                            |
| Возможности реализации математических моделей с использованием современных цифровых инструментов и компьютерных программ.<br>Функции, списки в пакете символьных вычислений.<br>Матрицы и векторы, связь с тензорными операциями в пакете символьных вычислений. Производная, интеграл элементарных функций в пакете символьных вычислений.<br>Основы алгоритмизации и графическое представление данных в пакете символьных вычислений. |                                           |    |    |                                              |
| ИТОГО по 1-му семестру                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10                                        | 0  | 16 | 44                                           |
| ИТОГО по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10                                        | 0  | 16 | 44                                           |

### 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      | Построение и визуализация кристаллической решетки материала (объемноцентрированной, гранецентрированной), изображение систем скольжения дислокаций.                                       |
| 7      | Структурные модели. Тело Максвелла, тело Фойгта. Модели вязкоупругих тел.                                                                                                                 |
| 8      | Применение моделей систем массового обслуживания для решения реальных задач в рамках профессиональной деятельности магистранта.                                                           |

## 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 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<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)                                                                    | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>1. Основная литература</b> |                                                                                                                                                                                          |                                           |
| 1                             | Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О.Б., Столбов В. Ю., Трусев П. В., Фрик П.Г. Москва : Логос, 2007. 439 с. | 2                                         |

|                                                                           |                                                                                                                                                      |    |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2                                                                         | Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. Москва : Физматлит, 2005. 316 с.                  | 13 |
| <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  |
| <b>2.2. Периодические издания</b>                                         |                                                                                                                                                      |    |
| 1                                                                         | Математическое моделирование : журнал. Москва : Наука, 1989 - .                                                                                      |    |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |                                                                                                                                                      |    |
|                                                                           | Не используется                                                                                                                                      |    |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |                                                                                                                                                      |    |
|                                                                           | Не используется                                                                                                                                      |    |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |                                                                                                                                                      |    |
|                                                                           | Не используется                                                                                                                                      |    |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы      | Наименование разработки                                                                                         | Ссылка на информационный ресурс                                                                     | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный 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/RUPNRPUelib2392">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392</a> | локальная сеть; свободный 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)                       |

#### 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 Springer Nature e-books                                                                                                    | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a><br><a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a><br><a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a><br><a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.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="https://elib.pstu.ru/">https://elib.pstu.ru/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Образовательная платформа Юрайт                                                                                                        | <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Электронно-библиотечная система Лань                                                                                                   | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Электронно-библиотечная система IPRsmart                                                                                               | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс                                                                                            | локальная сеть                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России" | <a href="http://325290.inkip.ru/docs">http://325290.inkip.ru/docs</a>                                                                                                                                                                                                                                                                        |

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

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Лекция               | Маркерная доска                                                                 | 1                 |
| Лекция               | Проектор                                                                        | 1                 |
| Практическое занятие | Маркерная доска                                                                 | 1                 |
| Практическое занятие | Персональный компьютер                                                          | 30                |
| Практическое занятие | Проектор                                                                        | 1                 |

#### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

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