

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТЦ

(О.Ю. Долматов)

«25»

06

2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИЕМ 2019 г.**

**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))			
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		88
Самостоятельная работа, ч			128
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовой проект
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной  
аттестации

**Экзамен  
Диф.зачёт**

Обеспечивающее  
подразделение

**ОЯТЦ**

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения



А.Г. Горюнов

Руководитель ООП



П.Н. Бычков

Преподаватель



А.Г. Горюнов

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	И.УК(У)-1.1B1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	УК(У)-1.1B1	Владеет опытом применения законов естественных наук и математических методов и моделей для решения задач теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.1Y1	Умеет решать задачи теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.131	Знает законы естественных наук и математические методы теоретического характера
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	И.УК(У)-2.2	Определяет связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения	УК(У)-2.2B1	Владеет навыками самостоятельно формулировать ожидаемые результаты проекта
				УК(У)-2.2Y1	Умеет формулировать задачи проекта и определять последовательность их решения
				УК(У)-2.231	Знает понятие научного и инженерного творчества и его основные приемы осуществления
ПК(У)-2	Способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов и компьютерных кодов для проектирования и анализа	И.ПК(У)-2.2	Способен использовать современные компьютерные технологии для проведения математического моделирования из различных предметных областей	ПК(У)-2.2B1	Владеет опытом моделирования различных физических явлений на основе различных математических подходов
				ПК(У)-2.2Y1	Умеет применять методы для моделирования различных процессов, как с использованием стандартных пакетов, так и путем написания программ.
				ПК(У)-2.231	Знает методы математического моделирования в частности методы сеточного, статистического, конечно-разностного и д.р. решения поставленных задач
ПК(У)-5	Готовностью к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	И.ПК(У)-5.1	Подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок	ПК(У)-5.1Y1	Умеет подготавливать данные для составления обзоров, отчетов, составления научно-технического отчета по выполненному заданию
				ПК(У)-5.131	Знает основные требования, предъявляемые к оформлению и содержанию отчетов по исследовательской работе, правила оформления таблиц и т.п.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания законов естественных наук при использовании математических методов и разработке математических моделей для решения задач теоретического и прикладного характера.	И.УК(У)-1.1
РД 2	Самостоятельно формулировать задачи математического моделирования физических процессов, определять последовательность их решения с применением инженерных и научных приемов.	И.УК(У)-2.2
РД 3	Владеет опытом моделирования различных физических явлений и процессов с использованием стандартных пакетов или собственных программ, используя методы сеточного, статистического, конечно-разностного и д.р.	И.ПК(У)-2.2
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных для подготовки отчетов согласно требованиям по исследовательской работе.	И.ПК(У)-5.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
<b>Раздел (модуль) 1. Основы программирования математических моделей</b>	РД 2 РД 3	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	<b>4</b>
<b>Раздел (модуль) 2. Теория приближения функций, численного интегрирования и дифференцирования</b>	РД 3, РД 4	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>8</b>
		Самостоятельная работа	<b>17</b>
<b>Раздел (модуль) 3. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений</b>	РД 3, РД 4	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>13</b>
<b>Раздел (модуль) 4. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных</b>	РД 1, РД 3, РД 4	Лекции	<b>8</b>
		Практические занятия	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>8</b>
		Самостоятельная работа	<b>17</b>

<b>Раздел (модуль) 5. Математическое моделирование</b>	РД 1, РД 2, РД 4	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>13</b>
<b>Курсовой проект</b>		Самостоятельная работа	<b>64</b>

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Основы программирования математических моделей**

Введение в курс математического моделирования физических процессов. Введение в Matlab, интерфейс программы. Язык Matlab: константы и переменные. Основные стандартные функции Matlab. Основы графической визуализации вычислений. Использование файлов сценариев и управление данными.

#### **Темы лекций:**

1. Введение в курс математического моделирования физических процессов. Введение в Matlab, интерфейс программы, редактор Matlab. Язык Matlab: константы и переменные. Типы данных: скалярные, символьные, дата, время. Операторы цикла и условного перехода. Вектора, матрицы и массивы. Индексация в векторах. Создание векторов.
2. Операции с массивами/матрицами. Основные стандартные функции Matlab, математические и статистические функции. Импорт и экспорт данных. m-файлы сценариев (скриптов) и функций. Локальные и глобальные переменные. Анонимные функции, подфункции, вложенные функции. Использование дескрипторов и имен функций.
3. Основы графической визуализации вычислений. Построение двумерных графиков. Построение двумерных графиков. Форматирование графиков. Основы GUI.

#### **Темы практических занятий:**

1. Простые операции с векторами и матрицами.
2. Системы линейных и матричных уравнений.
3. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

### **Раздел 2. Теория приближения функций, численного интегрирования и дифференцирования**

Методы восстановления эмпирических зависимостей: аппроксимация, интерполяция, экстраполяция: интерполяционные полиномы, метод наименьших квадратов, математическая обработка данных в Matlab. Теория численного интегрирования: квадратурные формулы, численное и символьное интегрирование в Matlab. Теория численного дифференцирования: разностные схемы, сеточная функция, аппроксимация и сходимость.

#### **Темы лекций:**

1. Методы восстановления эмпирических зависимостей: аппроксимация, интерполяция, экстраполяция: интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона, интерполяция сплайнами, метод наименьших квадратов, математическая обработка данных в Matlab.
2. Теория численного интегрирования: квадратурные формулы прямоугольников, трапеций и Симпсона, численное и символьное интегрирование в Matlab.
3. Теория численного дифференцирования: разностные схемы, сеточная функция, аппроксимация и сходимость, вывод формул численного дифференцирования. Остаточные члены простейших формул численного дифференцирования. Оптимизация шага численного дифференцирования при ограниченной точности значений функций.

**Темы практических занятий:**

1. Методы восстановления функций, эмпирических зависимостей.
2. Вывод квадратурных формул прямоугольников, трапеций и Симпсона.
3. Вывод формул численного дифференцирования.

**Названия лабораторных работ:**

1. Методы восстановления функции одной переменной (4 часа).
2. Численное интегрирование и дифференцирование (4 часа).

<b>Раздел 3. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений</b>
--

Задача Коши. Одношаговые и многошаговые методы решения. Проблема численной устойчивости. Методы решения в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Задача Коши. Классификация приближенных методов. Метод изоклин. Метод последовательных приближений. Метод Эйлера – различные подходы к построению.
2. Модификации метода Эйлера, явная неявная схема. Семейство методов Рунге-Кутты. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Пошаговый контроль точности.
3. Многошаговые методы. Методы прогноза и коррекции. Проблема численной устойчивости. Методы решения в MATLAB.

**Темы практических занятий:**

1. Численное решение дифференциальных уравнений методом Эйлера.
2. Численное решение дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка.
3. Многошаговые методы. Проблема численной устойчивости.

**Названия лабораторных работ:**

1. Решение систем дифференциальных уравнений, записанных в форме Коши, в пакете Matlab /Simulink (4 часа).

<b>Раздел 4. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных</b>
---

Краевая задача. Метод сеток – метод конечных разностей. Метод Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений в частных производных. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Краевые задачи и математическое моделирование
2. Метод конечных разностей.
3. Метод Монте-Карло. Применение метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений в частных производных. Статистическое моделирование.
4. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных в Matlab. Статистическое моделирование в пакете Matlab.

**Темы практических занятий:**

1. Решение краевой задачи в математической физике.
2. Метод конечных разностей и метод конечных элементов.
3. Применение метода Монте-Карло при решении задач со случайными данными.
4. Применение метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений в частных производных.

**Названия лабораторных работ:**

1. Расчет стационарного профиля температуры в пластине методом конечных разностей (4 часа).
2. Статистическое моделирование процессов при случайном характере изменения параметров (4 часа).

## **Раздел 5. Математическое моделирование**

Общие положения, виды моделирования и классификация математических моделей, источники и классификация погрешностей математического моделирования. Аналитический метод построения моделей физических процессов. Типовые модели гидродинамики, тепло- и массопереноса. Математическое описание физико-химических процессов в физических установках.

### **Темы лекций:**

1. Общие положения, виды моделирования и классификация математических моделей, источники и классификация погрешностей математического моделирования.
2. Аналитический метод построения моделей физических процессов. Типовые модели гидродинамики, тепло- и массопереноса.
3. Математическое описание физико-химических процессов в физических установках. Применение пакета Matlab и его расширения Simulink.

### **Темы практических занятий:**

1. Погрешность при численном решении дифференциальных уравнений.
2. Методика создания аналитических моделей.
3. Математическое описание физико-химических процессов в физических установках.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Реализация модели физической установки в пакете Matlab/Simulink (4 часа).

### **Тематика курсовых проектов (теоретический раздел)**

1. Моделирование процесса нагрева воды в проточной емкости.
2. Моделирование теплообменника типа «труба в трубе».
3. Моделирование изменения концентрации нуклидов в облучаемом топливе.
4. Моделирование прохождения нейтронов через пластину.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература:**

1. Вержбицкий Валентин Михайлович. Основы численных методов: учебник / В. М. Вержбицкий. — 3-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 841 с.: ил. — Текст: непосредственный. — 22 экз.

2. Калиткин Николай Николаевич. Численные методы: учебник в электронном формате. Кн. 1. Численный анализ / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — Москва: Академия, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. - URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf> (дата обращения 12.03.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
3. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. В. Голубева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 192 с.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76825> (дата обращения: 03.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература**

1. Квасов Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: учебное пособие / Б.И. Квасов. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 328 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71713> (дата обращения: 03.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Слабнов В. Д. Численные методы: учебник / В. Д. Слабнов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 392 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133925> (дата обращения: 03.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Горлач Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 292 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103190> (дата обращения: 03.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 176 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/41014> (дата обращения: 03.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office Standard 2013: Word, Excel, Power Point
2. Matlab R2013a

## **7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 319	Сетевая IP-видеокамера Cisco CIVS-IPC-2530V - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Компьютер - 21 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 248	Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Принтер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 313	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 321	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Телевизор - 1 шт.; Принтер - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового	Доска аудиторная настенная - 2 шт.;Комплект учебной мебели на 120 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.



	проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 332	
6.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 432	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест; Компьютер - 14 шт.; Принтер - 1 шт.
7.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 432А	Экран Lumien Master Control LMC-100130 - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.03 Ядерные физика и технологии (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Заведующий кафедрой –  
руководитель ОЯТЦ на  
правах кафедры

Горюнов А.Г.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

Руководитель выпускающего отделения  
д.т.н, профессор



/А.Г. Горюнов/

подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 №29- д