

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТЦ

(Долматов О.Ю.)

«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 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)-1.1В1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	УК(У)-1.1В1	Владеет опытом применения законов естественных наук и математических методов и моделей для решения задач теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.1У1	Умеет решать задачи теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.1З1	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)-2.2В1	Владеет навыками самостоятельно формулировать ожидаемые результаты проекта
				УК(У)-2.2У1	Умеет формулировать задачи проекта и определять последовательность их решения
				УК(У)-2.2З1	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)-2.2В1	Владеет опытом моделирования различных физических явлений на основе различных математических подходов
				ПК(У)-2.2У1	Умеет применять методы для моделирования различных процессов, как с использованием стандартных пакетов, так и путем написания программ.
				ПК(У)-2.2З1	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)-5.1У1	Умеет подготавливать данные для составления обзоров, отчетов, составления научно-технического отчета по выполненному заданию
				ПК(У)-5.1З1	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 др.	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.
Раздел (модуль) 1. Основы программирования математических моделей	РД 2 РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	4
Раздел (модуль) 2. Теория приближения функций, численного интегрирования и дифференцирования	РД 3, РД 4	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 3. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений	РД 3, РД 4	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	13
Раздел (модуль) 4. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных	РД 1, РД 3, РД 4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	17

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

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).

Раздел 3. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений
--

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).

Раздел 4. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных

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 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Заведующий кафедрой –
руководитель ОЯТЦ на
правах кафедры

Горюнов А.Г.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ ИЯТШ (протокол от «01» сентября 2020 г. №29-д).

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)