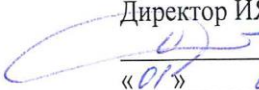


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

 О.Ю. Долматов  
«01» 09 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Направление подготовки/специальность	14.05.04 Электроника и автоматика физических установок		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Системы управления технологическими процессами и физическими установками		
Специализация	Системы управления технологическими процессами и физическими установками		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	2,3	семестр	4,5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	7		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	56	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	64	
	ВСЕГО	120	
Самостоятельная работа, ч		132	
ИТОГО, ч		252	

Вид промежуточной аттестации

Зачет экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
---------------	------------------------------	------

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения на  
правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

	А.Г. Горюнов
	А.Г. Горюнов
	К.А. Козин

2020г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения	ОПК(У)-1.У6	Умеет составлять полную структурную схему вещественно-энергетических потоков технологического процесса
		ОПК(У)-1.36	Знает численные методы и способы математического моделирования
ОПК(У)-2	Способен применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач	ОПК(У)-2.В5	Владеет методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (Matlab)
		ОПК(У)-2.У5	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин для составления математического описания объекта моделирования
		ОПК(У)-2.35	Знает основные понятия моделирования, задачи и цели моделирования; виды моделирования; численные методы
ОПК(У)-3	Способен использовать языки, системы и инструментальные средства программирования в профессиональной деятельности	ОПК(У)-3.В3	Владеет основными методами работы с прикладными программными средствами
		ОПК(У)-3.У3	Умеет использовать численные методы для решения химико-технологических задач
		ОПК(У)-3.33	Знает типовые численные методы и алгоритмы их реализации
ПК(У)-23	Способен применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения	ПК(У)-23.В5	Владеет методами математического моделирования, используя современные математические пакеты, получать новые знания об исследуемом объекте в области разработки АСУ ТП

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

Дисциплина относится к вариативной 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		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знать численные методы различных задач и владеть средой моделирования MATLAB/Simulink.	ПК(У)-23 ОПК(У)-3 ОПК(У)-2
РД-2	Владеть методами математического анализа и моделирования в	ПК(У)-23

	теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (MATLAB/Simulink).	ОПК(У)-3 ОПК(У)-2 ОПК(У)-1
РД -3	Уметь разрабатывать математические модели процессов и аппаратов как объектов управления.	ОПК(У)-1 ОПК(У)-2 ПК(У)-23

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 в среде моделирования MATLAB</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел (модуль) 2. Теория приближений функций</b>	РД-1	Лекции	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел (модуль) 3. Теория численного дифференцирования</b>	РД-1	Лекции	<b>10</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел (модуль) 4. Теория численного интегрирования</b>	РД-1	Лекции	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел (модуль) 5. Введение в численные методы решения задачи оптимизации</b>	РД-1	Лекции	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	<b>36</b>
<b>Раздел (модуль) 6. Математическое моделирование</b>	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>12</b>
		Самостоятельная работа	<b>36</b>
<b>Раздел (модуль) 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений</b>	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	<b>10</b>
		Лабораторные занятия	<b>36</b>
		Самостоятельная работа	<b>36</b>

Содержание разделов дисциплины:

##### Семестр 4

##### **Раздел 1. Основы программирования в среде моделирования MATLAB – 6 часа.**

Введение в MATLAB. Интерфейс программы. Язык MATLAB. Константы и переменные. Основные стандартные функции MATLAB. Основы графической визуализации вычислений. m-файлы сценариев (скриптов) и функций. Использование файлов сценариев и управление данными.

**Темы лекций:**

1. Введение в MATLAB. Интерфейс программы. Язык MATLAB. Константы и переменные. Типы данных: скалярные, символьные, дата, время. Операторы цикла и условного перехода. Редактор MATLAB. 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.

<b>Раздел 2. Теория приближений функций – 8 часов</b>
---

Методы восстановления эмпирических зависимостей: аппроксимация, интерполяция, экстраполяция. Интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона. Интерполяция сплайнами. Метод наименьших квадратов. Математическая обработка данных в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Постановка задач аппроксимации, интерполяции и экстраполяции. Язык MATLAB. Интерполяционный полином Лагранжа.
2. Интерполяционный полином Ньютона. Формулы для интерполирования «вперед» и «назад». Конечные и разделенные разности.
3. Интерполяция сплайнами. Интерполяционный кубический сплайн. Наилучшее среднеквадратическое приближение. Метод наименьших квадратов (МНК): общая постановка задачи, МНК со степенным базисом.
4. Интерполяция данных в MATLAB: `interp1()`, `interp2()`, `interp3()`, `spline()`. Аппроксимация данных в MATLAB: `polyfit()`, `fit()`. Подбор кривой заданного вида. Основы использования Curve Fitting Toolbox.

**Названия лабораторных работ:**

1. Методы восстановления функции одной переменной (6 часов).

<b>Раздел 3. Теория численного дифференцирования – 10 часов.</b>
--

Постановка и корректность задачи численного дифференцирования. Основные понятия теории разностных схем: сеточная функция, аппроксимация дифференциальных операторов, корректность разностных схем, аппроксимация и сходимость. Конечно-разностные формулы. Дифференциальные уравнения в частных производных. Метод конечных разностей. Реализация символьного и численного дифференцирования в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Постановка и корректность задачи численного дифференцирования. Основные понятия теории разностных схем: сеточная функция, аппроксимация дифференциальных операторов, корректность разностных схем, аппроксимация и сходимость.
2. Вывод формул численного дифференцирования. Остаточные члены простейших формул численного дифференцирования.
3. Остаточные члены простейших формул численного дифференцирования. Оптимизация шага численного дифференцирования при ограниченной точности значений функций.
4. Дифференциальные уравнения в частных производных. Метод конечных

- разностей.
5. Реализация символьного и численного дифференцирования в MATLAB.

**Названия лабораторных работ:**

1. Численное дифференцирование (2 часов).
2. Расчет стационарного профиля температуры в пластине методом конечных разностей (4 часов).

<b>Раздел 4. Теория численного интегрирования – 8 часов.</b>
--

Постановка и корректность задачи численного интегрирования. Классификация методов. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Составные квадратурные формулы на основе интерполяционных полиномов. Интегрирование в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Задача численного интегрирования. Классификация методов численного интегрирования. Квадратурные формулы прямоугольников.
2. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Составные квадратурные формулы трапеций и Симпсона.
3. Соотношение между формулами прямоугольников, трапеций и Симпсона. Принцип Рунге практического оценивания погрешностей.
4. Численное и символьное интегрирование в MATLAB.

**Названия лабораторных работ:**

1. Численное интегрирование таблично-заданной функции (4 часов).

**Семестр 5**

<b>Раздел 5. Введение в численные методы решения задачи оптимизации – 6 часа.</b>
---

Численные методы первого порядка безусловной оптимизации функции многих переменных и их общая схема. Методы градиентного спуска с постоянным и дробным шагом, наискорейшего спуска, координатного спуска и метод Гаусса-Зейделя. Стандартные функции решения задачи оптимизации в MATLAB.

**Темы лекций:**

1. Постановка задачи оптимизации. Выпуклость и унимодальность. Экстремум и особая точка. Численные методы первого порядка безусловной оптимизации функции многих переменных и их общая схема.
2. Метод градиентного спуска с постоянным и дробным шагом. Метод наискорейшего спуска.
3. Метод координатного спуска и метод Гаусса-Зейделя. Стандартные функции решения задачи оптимизации в MATLAB.

<b>Раздел 6. Математическое моделирование – 8 часов.</b>
--

Введение и общие положения. Виды моделирования и классификация математических моделей. Источники и классификация погрешностей математического моделирования. Аналитический метод построения моделей технологических объектов. Типовые модели гидродинамики. Математическое описание физико-химических процессов в технологических аппаратах.

**Темы лекций:**

1. Введение и общие положения. Виды моделирования и классификация математических моделей.
2. Источники и классификация погрешностей математического моделирования.

3. Аналитический метод построения моделей технологических объектов. Типовые модели гидродинамики: идеальное смешение, вытеснение, ячеечная и диффузионная модель.
4. Математическое описание физико-химических процессов в технологических аппаратах. Реактор идеального смешения.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата (12 часа).

### **Раздел 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений –10 часов.**

Задача Коши. Одношаговые и многошаговые методы решения. Краевая задача. Метод конечных разностей (МКР). Метод «стрельб». Проблема численной устойчивости. Методы решения в MATLAB.

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 методом Кутты-Мерсона.
3. Многошаговые методы Адамса. Методы прогноза и коррекции. Метод Милна.
4. Краевая задача. Метод конечных разностей (МКР). Метод «стрельб».
5. Проблема численной устойчивости. Методы решения дифференциальных уравнений в MATLAB.

#### **Названия лабораторных работ:**

2. Моделирование технологического аппарата в MATLAB (12 часов).
3. Исследование точности вычисления модели технологического аппарата в зависимости от метода и шага решения (12 часа).
4. Реализация модели технологического аппарата в Simulink/MATLAB (12 часа).

### **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.
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):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

**Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы** доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

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

1. Adobe Acrobat Reader DC;
2. Google Chrome;
3. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
4. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
5. Notepad++;
6. WinDjView
7. Design Science MathType 6.9 Lite;
8. Zoom Zoom.

## 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, 432	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.
2.	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, 328	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Тумба стационарная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Компьютер - 12 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, 340	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок», специализация «Системы управления технологическими процессами и физическими установками» (приема 2020г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент	Козин К.А.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «01» сентября 2020 г. №29-д).

Заведующий кафедрой - руководитель  
отделения на правах кафедры, д.т.н.



подпись

А.Г. Горюнов



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения ядерно- топливного цикла (протокол)