

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

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

| | | | |
|--|--|---------|-----|
| Направление подготовки/специальность | 14.05.04 Электроника и автоматика физических установок | | |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Электроника и автоматика физических установок | | |
| 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. |
|---|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел (модуль) 1. Основы программирования в среде моделирования MATLAB | РД-1 РД-2 | Лекции | 6 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел (модуль) 2. Теория приближений функций | РД-1 | Лекции | 8 |
| | | Лабораторные занятия | 6 |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел (модуль) 3. Теория численного дифференцирования | РД-1 | Лекции | 10 |
| | | Лабораторные занятия | 6 |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел (модуль) 4. Теория численного интегрирования | РД-1 | Лекции | 8 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел (модуль) 5. Введение в численные методы решения задачи оптимизации | РД-1 | Лекции | 6 |
| | | Лабораторные занятия | |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 36 |
| Раздел (модуль) 6. Математическое моделирование | РД-1 РД-2 РД-3 | Лекции | 8 |
| | | Лабораторные занятия | 12 |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 36 |
| Раздел (модуль) 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений | РД-1 РД-2 РД-3 | Лекции | 10 |
| | | Лабораторные занятия | 36 |
| | | | |
| | | Самостоятельная работа | 36 |

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.

Раздел 2. Теория приближений функций – 8 часов

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).

Раздел 3. Теория численного дифференцирования – 10 часов.

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).

| |
|--|
| Раздел 4. Теория численного интегрирования – 8 часов. |
|--|

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

| |
|---|
| Раздел 5. Введение в численные методы решения задачи оптимизации – 6 часа. |
|---|

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.

| |
|--|
| Раздел 6. Математическое моделирование – 8 часов. |
|--|

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 12.03.2019). — 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: 03.03.2019). — 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: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. 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: 03.03.2019). — 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: 03.03.2019). — 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 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; |

| | | |
|----|---|--|
| | занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс). 634028 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 432 | 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 2019г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность | | ФИО |
|-----------|--|------------|
| Доцент | | Козин К.А. |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

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) |
|--------------------------|--|--|
| 2020/2021 учебный год | Изменены формы документов ООП согласно приказу: – «Об утверждении форм документов ООП» (приказ № 127-7/об от 06.05.2020 г.) | от 25.06.2020 г. № 28-д |
| 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 г. № 29-д |