

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШЭ

А.С. Матвеев

«26» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2017 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

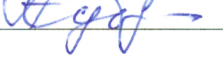
Моделирование физических процессов и объектов проектирования

Направление подготовки/ специальность	13.03.03 Энергетическое машиностроение		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Энергетическое машиностроение		
Специализация	Эксплуатация и обслуживание оборудования газокомпрессорных станций		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		–
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

Зачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
-------	---------------------------------	----------------------

Заведующий кафедрой –
руководитель НОЦ
И.Н. Бутакова на правах
кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	А.С. Заворин
	Т.С. Тайлашева
	А.Н. Субботин

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Р7	ОПК(У)-2.В24	Владеет навыками формирования начальных и граничных условий при решении инженерных задач
			ОПК(У)-2.У29	Умеет использовать методы инженерного анализа для решения комплексных инженерных задач
			ОПК(У)-2.332	Знает методы инженерного анализа и моделирования, в том числе с применением пакетов прикладных программ

2. Место дисциплины 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		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Понимать методологию математического моделирования и знать способы построения математических моделей.	ОПК(У)-2
РД2	Находить оригинальные решения поставленных задач в рамках своей профессиональной деятельности.	ОПК(У)-2
РД3	Использовать методики обработки результатов экспериментальных исследований с применением пакетов прикладных программ.	ОПК(У)-2
РД4	Использовать методы математического анализа и моделирования физических процессов при проектировании энергетического оборудования, его автоматизации с применением прикладных программ.	ОПК(У)-2

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 1. Введение в математическое моделирование	РД1 РД2	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Методология построения математических моделей	РД1 РД2 РД3	Лекции	4
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 3. Простейшие модели в теории	РД1	Лекции	4

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
горения и теплообмена	РД3 РД4	Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Математические модели в теории теплообмена	РД1 РД3 РД4	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	12
Раздел 5. Математическое моделирование в теории горения	РД1 РД3 РД4	Лекции	4
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12

Раздел 1. Введение в математическое моделирование

Знакомство с методологией моделирования, с преимуществом перед теоретическим и экспериментальными способами исследования мира. Оценивается роль математического моделирования на современном этапе научно-технического прогресса и в построении информационного общества. Триада «модель–алгоритм–программа».

Темы лекций:

1. Методология математического моделирования. Развитие методов и подходов математического моделирования в истории человечества.

Названия лабораторных работ:

1. Особенности граничных условия первого и второго рода.
2. Выполнение тестового и индивидуального задания по применению метода наименьших квадратов при использовании квадратичной зависимости.

Раздел 2. Методология построения математических моделей

Знакомство с использованием фундаментальных законов природы, вариационных принципов. Особенности применения аналогий при построении математических моделей. Анализ иерархического подхода к получению моделей. Процессы (этапы) построения математических моделей. Понятие натурального и вычислительного эксперимента.

Темы лекций:

1. Способы построения математических моделей.
2. Использование фундаментальных законов природы, вариационных принципов. Процесс (этапы) построения математических моделей.

Названия лабораторных работ:

1. Иерархические подходы.
2. Построение математических моделей.
3. Написание и отладка программы на алгоритмическом языке программирования Паскаль, построение графических зависимостей по полученным численным и заданным экспериментальным данным.

Раздел 3. Простейшие модели в теории горения и теплообмена

Знакомство с математическими основами обработки данных экспериментальных исследований, с построением аналитических зависимостей по эмпирическим данным, полученным при исследовании простейших моделей поведения объектов изучения. Алгоритмы применения метода наименьших квадратов при использовании линейной, квадратичной, степенной зависимостей.

Темы лекций:

1. Математические основы обработки данных.

2. Метод наименьших квадратов и алгоритмы применения.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение алгоритмов метода наименьших квадратов.
2. Выполнение тестового и индивидуального задания по применению метода наименьших квадратов при использовании степенной зависимости.
3. Написание и отладка программы на алгоритмическом языке программирования Паскаль, построение графических зависимостей по заданным экспериментальным значениям и полученным теоретическим данным.

Раздел 4. Математические модели в теории теплообмена

Знакомство с основными принципами и законами теплопередачи – теплопроводность, конвекция, термическое излучение. Дифференциальное уравнение теплопроводности, вывод для общего случая, запись в декартовой, цилиндрической, сферической системе координат. Условия однозначности для процессов теплопроводности – физические, геометрические, начальные и граничные условия. Примеры построения математической постановки задачи по ее словесному описанию. Численные методы решения задач теплообмена.

Темы лекций:

1. Применение математического моделирования к процессам теплопроводности. Уравнение теплопроводности. Особенности применения математических методов для построения задач.

Названия лабораторных работ:

1. Применение метода конечных разностей для одномерной нестационарной задачи теплопроводности.
2. Построение сеток, получение дискретного аналога исходной дифференциальной задачи.
3. Численное моделирование нестационарной теплопроводности на примере тестовой одномерной задачи: формулировка математической модели, написание и отладка паскаль-программы, графическое представление распределения температуры в исследуемой области.
4. Численное моделирование задачи одномерной нестационарной теплопроводности для плоского, цилиндрически или сферически симметричного процесса: формулировка индивидуальной математической модели, написание и отладка паскаль-программы, представление полученного решения в виде графической зависимости.

Раздел 5. Математическое моделирование в теории горения
--

Знакомство с математическими формулировками законов сохранения массы, импульса и энергии в рамках Лагранжева (траекторного) подхода для описания горения взвешенных частиц твердого и жидкого топлива, многокомпонентной горючей газовой смеси. Физическая и математическая постановка задач горения угольных частиц и газообразного топлива в камерах сгорания. Методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Эйлера и Рунге-Кутты. Алгоритм их численной реализации на ЭВМ. Математическое моделирование газодинамических процессов. Математическая модель горения пылеугольного топлива в топочной камере котлоагрегата, газообразной смеси в камере сгорания ГПА. Основные уравнения, их связь с фундаментальными законами. Метод решения математической модели. Краткая характеристика пакета прикладных программ ANSYS Fluent, реализующего рассматриваемую математическую модель на ЭВМ.

Темы лекций:

1. Законы сохранения массы, импульса, и энергии. Лагранжев и Эйлеровы подходы.
2. Моделирование газодинамических процессов. Модели турбулентности. Особенности задания граничных условий для процессов горения.

Названия лабораторных работ:

1. Применение метода Эйлера или Рунге-Кутты для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).
2. Численное решение задачи о горении частицы/смеси в ограниченном объеме.
3. Численное исследование определенных процессов в прямоточной камере парового котла при заданных условиях и параметрах.
4. Изучение пакета прикладных программ ANSYS Fluent.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины 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;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник [Электронный ресурс] / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ). – 7-е изд.. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). – Москва: Юрайт, 2014. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-85.pdf>.
2. Гайдукова О.С. Численное моделирование физико-химических процессов: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.С. Гайдукова, Д.О. Глушков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 1 компьютерный файл (pdf; 3.1 MB). – Томск: Изд-во "АлКом", 2020. – Схема доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2020/m057.pdf>.

Дополнительная литература

1. Калиткин Н.Н. Численные методы [Электронный ресурс] учебник в электронном формате: / Н.Н. Калиткин, Е.А. Алышина. – Москва: Академия, 2013. – Кн. 1: Численный анализ. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). – 2013. – 1 Мультимедиа CD-ROM. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf>.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы [Электронный ресурс] учебник в электронном формате: / Н.Н. Калиткин, Е.А. Алышина. – Москва: Академия, 2013. – Кн. 2: Методы математической физики. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). – 2013. – 1 Мультимедиа CD-ROM. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-12.pdf>.
3. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Инфра-М, 2015. – 352 с.: ил. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C287680>)
4. Гулин А.В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ), Факультет

вычислительной математики и кибернетики. – Москва: Инфра-М Аргамак-Медиа, 2014. – 368 с.: ил.
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C280489>)

5. Субботин А.Н. Основы теории горения натурального топлива [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Субботин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.6 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m069.pdf>.
6. Волков К.Н., Емельянов В.Н., Тетерина И.В., Яковчук М.С. Газовые течения в соплах энергоустановок [Электронный ресурс]. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 328 с. – Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Инженерно-технические науки. – Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/104967>.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронная библиотека Томского политехнического университета (<http://catalog.lib.tpu.ru>).
2. Архив научных журналов «Neicon» (<http://archive.neicon.ru>);
3. Поисковая система Федерального института промышленной собственности по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (<http://www1.fips.ru>);
4. Электронная библиотека института инженеров электротехники и электроники «IEEE» (<http://ieeexplore.ieee.org>).

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

1. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
2. PTC Mathcad 15 Academic Floating;
3. Ansys 2020.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

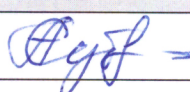
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 406	Анализатор дымовых газов Testo350 - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба навесная - 1 шт.; Стол письменный - 9 шт.; Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Компьютер - 12 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.;

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
	аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 224б	Телевизор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.03 Энергетическое машиностроение, специализация «Эксплуатация и обслуживание оборудования газокompрессорных станций» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор		А.Н. Субботин

Программа одобрена на заседании кафедры ПГС и ПГУ (протокол от 24.05.2017 г. № 25).

Заведующий кафедрой – руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 А.С. Заворин
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2018/2019 уч. год	Внесены изменения в разделы: Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины; Информационное и программное обеспечение.	Протокол №11 от 27.08.2018
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в разделы: Учебно-методическое обеспечение; Материально-техническое обеспечение дисциплины; Информационное и программное обеспечение;	Протокол №29 от 30.05.2019
2020/2021 уч. год	Обновлены разделы: Информационное и программное обеспечение.	Протокол №44 от 26.06.2020