

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

И.В. Федякин

21 мая 2019 г.

Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор Казанцев Андрей Евгеньевич

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математические модели тепло- и массопереноса

Направление подготовки:	13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль:	Промышленная теплоэнергетика
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очно-заочная
Год начала подготовки	2017

Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 9 20 мая 2019 г. Председатель учебно-методической комиссии С.В. Володин	Одобрено на заседании кафедры Протокол № 10 15 мая 2019 г. И.о. заведующего кафедрой Ф.А. Поливода
--	--

Москва 2019 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Математические модели тепло- и массопереноса» является формирование в процессе подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» с профилем «Промышленная теплоэнергетика» компетенций, позволяющих подготовить будущих бакалавров к математическому моделированию объектов в энергетике, промышленности, ж.д. транспорте и объектах ЖКХ

Задачей преподавания дисциплины является приобретение студентами знаний об общих принципах построения математических моделей тепловых и гидравлических процессов теплоэнергетических объектов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Математические модели тепло- и массопереноса" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

2.1. Наименования предшествующих дисциплин

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

2.1.1. Информационные технологии:

Знания: содержание и способы использования компьютерных и информационных технологий принципы применения современных информационных технологий в науке и прикладной энергетике, технические и программные средства защиты информации

Умения: применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности

Навыки: средствами компьютерной техники и информационных технологий, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий

2.1.2. Математика:

Знания: современные тенденции развития научных и прикладных достижений в профессиональной области.

Умения: самостоятельно выявить и идентифицировать проблемы своей профессиональной деятельности, сформулировать цели их исследования и решения, выбрать и обосновать группу критериев для оценки полезности разрабатываемых решений.

Навыки: навыками работы с компьютером как средством управления информацией

2.1.3. Тепломассообмен:

Знания: физические основы закономерностей тепло-и массопереноса для выявления сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности

Умения: сформировать законченное представление о принятых решениях

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

2.1.4. Техническая термодинамика:

Знания: основные закономерности классической термодинамики и ее технических приложений

Умения: самостоятельно разработать методику проведения эксперимента

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

2.2. Наименование последующих дисциплин

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ПК-4 способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	Знать и понимать: основные уравнения, описывающие физические процессы в теплотехнических установках при проведении экспериментов Уметь: использовать эти уравнения тепло-и массопереноса при составлении математических моделей во время испытания теплотехнического оборудования Владеть: методами алгоритмизации решения уравнений, описывающих процессы тепло-и массопереноса
2	ОПК-1 способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	Знать и понимать: Современные методы математического моделирования теплотехнических объектов Уметь: использовать эти знания для обобщения, анализа, восприятия новой информации в области составления математических моделей, ставить цели и выбирать пути их достижения. Владеть: знаниями и умениями достаточными для постановки цели и выбора путей решения практических задач расчета температурных полей применительно к теплотехнологическим установкам и системам.
3	ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать и понимать: методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения и методы их решения, включая численные методы). Уметь: демонстрировать базовые знания, обладать готовностью применять базовые знания в профессиональной деятельности. использовать и анализировать накопленный опыт в условиях развития науки и техники. Владеть: знаниями и умениями на уровне, необходимом для получения результатов решения задач математического моделирования применительно к тепло-технологическим установкам и системам.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

4 зачетные единицы (144 ак. ч.).

4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 8
Контактная работа	36	36,15
Аудиторные занятия (всего):	36	36
В том числе:		
практические (ПЗ) и семинарские (С)	18	18
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	18	18
Самостоятельная работа (всего)	72	72
Экзамен (при наличии)	36	36
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	144	144
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	4.0	4.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1, ПК2	ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЭК	ЭК

4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	Раздел 1 Введение. Основные по- нятия матема- тического мо- делирования			4		7	11	
2	8	Раздел 2 Принципы построения математиче-ских моделей			4		8	12	
3	8	Раздел 3 Модели од- номерного однофазного потока		4/2			8	12/2	
4	8	Тема 3.3 Модели тепловых процессов одномерного однофазного потока. Метод двойного преобразования Лапласа. Двух- мерные передаточные функции. Статические и динами-ческие характеристики различных моделей потока: с распределенными и сосредоточенными параметрами, точечные и многоточечные.						0	ПК1, Тесты
5	8	Раздел 4 Модели теплопереда- ющей стенки		8/4			8	16/4	
6	8	Раздел 5 Модели гидродинамических процессов			4		8	12	
7	8	Раздел 6 Обобщенная математиче-ская модель теплообмен- ников					8	8	
8	8	Тема 6.6 Обобщенная математическая модель типовых						0	ПК2, Тесты

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		теплооб-менных устройств в энергетике: конвективных и радиационных, прямоточных и противоточных, с однофазными и двухфазными теплоносителями. Декомпозиция и упрощение модели. Выбор метода решения. Статические и динамические характеристики различных моделей типовых теплообменных устройств.							
9	8	Раздел 7 Математическое моделирование процессов оборудования котельных					8	8	
10	8	Раздел 8 Математическое моделирование транспортировки теплоносителя.					7	7	
11	8	Раздел 9 Алгоритмизация расчетов математических моделей на ЭВМ		6/3	6		10	22/3	
12	8	Экзамен						36	ЭК
13		Тема 1.1 Основные понятия математического моделирования. Классификация моделей. Модели различной степени приближения: распределенные и сосредоточенные, линейные и нелинейные, статические и динамические.							
14		Тема 2.2 Принципы							

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		построения математических моделей, декомпозиция задачи, структура модели. Уравнения законов сохранения вещества, энергии и количества движения для потоков жидкостей и газов. Уравнения теплопроводности для твердых тел.							
15		Тема 4.4 Модели различного приближения для плоской и цилиндрической теплопередающей стенки. Распределенная и точечная модели плоской стенки и их статические динамические характеристики.							
16		Тема 4.4 Перечень во-просов по со-держанию раз-делов 1, 2, 3, 4, 5 (положи-тельная оценка – не менее 60% правильных ответов)							
17		Тема 5.5 Модели гидродинамических процессов несжимаемых, слабо сжимаемых и сжимаемых потоков. Статические и динамические характеристики различных моделей пото-ка.							
18		Тема 7.7 Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования котельных. Структура математической							Тесты

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		модели барабанного котла. Динамические характеристики различных поверхностей котла. Особенности моделирования динамики циркуляционного контура. Структура математической модели прямоточного котла. Динамические характеристики различных поверхностей прямоточного котла.							
19		Тема 8.8 Поток тепла и массы, гидравлическое сопротивление на границе среда-стенка. Сопротивление и теплообмен в трубах Теплоотдача в каналах при граничных условиях 1-го рода. Задача Гретца-Нуссельта.							
20		Тема 9.9 Итерационные алгоритмы расчета статических режимов. Расчет переходных процессов нелинейных моделей. Расчет частотных характеристик различных моделей.							
21		Тема 9.9 Перечень во-просов по со-держанию раз-делов 5,6,7, 8 (положитель-ная оценка – не менее 60% правильных ответов)							
22		Всего:		18/9	18		72	144/9	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия предусмотрены в объеме 18 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	8	РАЗДЕЛ 1 Введение. Основные понятия математического моделирования	Алгебраические и дифференциальные уравнения в математическом моделировании. Интегральные и функциональные уравнения в математическом моделировании.	4
2	8	РАЗДЕЛ 2 Принципы построения математических моделей	Математическое моделирование на основе фундаментальных законов природы. Метод анализа размерностей при построении физических моделей.	4
3	8	РАЗДЕЛ 5 Модели гидродинамических процессов	Стационарное неизотермическое течение теплоносителя.	4
4	8	РАЗДЕЛ 9 Алгоритмизация расчетов математических моделей на ЭВМ	Численные методы решения краевых задач. Разностные уравнения. Модификация метода прогонки. Решение сопряженных задач.	6
ВСЕГО:				18 / 0

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 18 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	8	РАЗДЕЛ 3 Модели од-номерного однофазного потока	Использование подпрограмм вычисления термодинамических функций при исследовании тепловых процессов	4 / 2
2	8	РАЗДЕЛ 4 Модели теплопередающей стенки	Расчет комплексных динамических характеристик различных моделей потока и теплопередающей стенки	4 / 2
3	8	РАЗДЕЛ 4 Модели теплопередающей стенки	Расчет статических характеристик поверхности теплообмена	4 / 2
4	8	РАЗДЕЛ 9 Алгоритмизация расчетов математических моделей на ЭВМ	Численные методы решения краевых задач. Разностные уравнения. Модификация метода прогонки. Решение сопряженных задач.	6 / 3
ВСЕГО:				18 / 0

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Учебным планом курсовая работа не предусмотрена.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием мультимедийных технологий.

Практические и лабораторные занятия проводятся как в традиционной, так и интерактивной формах. В соответствии с учебным планом объем интерактивной формы обучения соответствует следующему количеству часов: в пятом семестре – 18 часов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	8	РАЗДЕЛ 1 Введение. Основные понятия математического моделирования	Работа с тестами и вопросами для самопроверки.	7
2	8	РАЗДЕЛ 2 Принципы построения математических моделей	Работа с тестами и вопросами для самопроверки.	8
3	8	РАЗДЕЛ 3 Модели одномерного однофазного потока	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Реферат на тему: "Статические характеристики моделей потока"; "Динамические характеристики моделей потока"	8
4	8	РАЗДЕЛ 4 Модели теплопередающей стенки	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Реферат на тему:	8
5	8	РАЗДЕЛ 5 Модели гидродинамических процессов	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Рефераты на темы: "Модели гидродинамических процессов для сжимаемых потоков"; "Модели гидродинамических процессов слабосжимаемых потоков".	8
6	8	РАЗДЕЛ 6 Обобщенная математическая модель теплообменников	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Рефераты на темы: "Модели прямоточных теплообменников"; "Модели противоточных теплообменников".	8
7	8	РАЗДЕЛ 7 Математическое моделирование процессов оборудования котельных	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Рефераты на темы: "Математическая модель радиационных поверхностей"; "Математическая модель конвективного пучка".	8
8	8	РАЗДЕЛ 8 Математическое моделирование транспортировки теплоносителя.	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Рефераты на темы: "Учет теплофизических свойств сред при математическом моделировании"; "Особенности математических моделей теплоотдачи в трубах".	7
9	8	РАЗДЕЛ 9 Алгоритмизация расчетов математических моделей на ЭВМ	Работа с тестами и вопросами для самопроверки. Рефераты на темы: "Различные виды расчетов математических моделей на ЭВМ"; "Расчет переходных режимов математических моделей"	10
ВСЕГО:				72

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Математические модели технологических объектов: учебное пособие	Пикина Г.А.	М.: Издательский дом, 2007	Все разделы
2	Механика многофазных сред и математическое моделирование в трубопроводном транспорте. Учебное пособие.	Харламов С.Н.	Томск: Изд - во ТПУ, 2006	Раздел 8
3	Основы численного моделирования магистральных трубопроводов	Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н.	М.: МАКС Прес, 2009	Раздел 8
4	Численные методы	М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер	М.: Академия, 2009	Все разделы

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
5	Моделирование теплообменного энергетического оборудования	Мигай В.К.	Ленинград, Энергоатомиздат, 1987	Все разделы
6	Расчет характеристик поверхности теплообмена	Пикина Г.А.	М.: МЭИ, 2000	Все разделы
7	Математическое моделирование уравнений субъекта теплопроводности с разрывными коэффициентами. Библиотека по автоматике. Выпуск 320	И.Ф. Жеребятъев, А.Т. Лукьянов	М.: Энергия, 1968	Раздел 4

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
3. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.
4. <http://www.twirpx.com/> - электронная библиотека.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

При проведении учебных занятий по дисциплине «Математические модели тепло- и массопереноса» используются возможности программных пакетов Microsoft Office, MathCad, MatLAB.

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Основная лекционная аудитория, а также помещения лаборатории оборудованы мультимедийными комплексами.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции, практические занятия и лабораторные работы. В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает указания на самостоятельную работу.

Обучающимся необходимо помнить, что качество полученного образования в немалой степени зависит от активной роли самого обучающегося в учебном процессе.

Обучающийся должен быть нацелен на максимальное усвоение подаваемого лектором материала, после лекции и во время специально организуемых индивидуальных встреч он может задать лектору интересующие его вопросы.

Основные функции лекций: 1. Познавательная-обучающая; 2. Развивающая; 3. Ориентирующе-направляющая; 4. Активизирующая; 5. Воспитательная; 6. Организующая; 7. Информационная.

Задачи практических занятий: закрепление и углубление знаний, полученных на лекциях и приобретенных в процессе самостоятельной работы с учебной литературой, формирование у обучающихся умений и навыков работы с исходными данными, научной литературой и специальными документами. Практическому занятию должно предшествовать ознакомление с лекцией на соответствующую тему и литературой, указанной в плане этих занятий.

Задачей лабораторных работ: является приобретение студентами практических умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности выпускника.

Целями лабораторных работ являются: экспериментальное подтверждение и проверка существующих научно- теоретических положений при практическом освоении студентами изучаемой дисциплины; приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины.

По дисциплине предусмотрено выполнение студентами различных видов самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может быть успешной при определенных условиях, которые необходимо организовать. Ее правильная организация, включающая технологии отбора целей, содержания, конструирования заданий и организацию контроля, систематичность самостоятельных учебных занятий, целесообразное планирование рабочего времени позволяет привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых знаний в процессе обучения, привить навыки повышения профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности.

К самостоятельной работе студентов относится:

- проработка конспекта лекции;
- анализ учебников, учебных пособий, специальной литературы по данной теме (с указанием страниц), подготовка рецензий;
- подготовка к практическому занятию;
- оформление отчёта по лабораторным работам;
- выполнение тестовых заданий;

– подготовка к экзамену

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины, рассмотрены через соответствующие знания, умения и владения. Для проверки уровня освоения дисциплины предлагаются вопросы к экзамену и тестовые материалы, где каждый вариант содержит задания, разработанные в рамках основных тем учебной дисциплины и включающие терминологические задания.

Фонд оценочных средств является составной частью учебно-методического обеспечения процедуры оценки качества освоения образовательной программы и обеспечивает повышение качества образовательного процесса и входит, как приложение, в состав рабочей программы дисциплины.

Основные методические указания для обучающихся по дисциплине указаны в разделе основная и дополнительная литература.