

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ

П.Ф. Бестемьянов

21 мая 2019 г.

Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор Дмитренко Артур Владимирович, д.т.н., профессор

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные вопросы термодинамики

Направление подготовки:	<u>13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника</u>
Профиль:	<u>Промышленная теплоэнергетика</u>
Квалификация выпускника:	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Год начала подготовки	<u>2017</u>

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

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) «Специальные вопросы термодинамики» состоит в ознакомлении студентов с основными положениями и принципами и теоремами неравновесной термодинамики, дать навыки использования основных уравнений для расчета параметров и коэффициента полезного действия различных теплоэнергетических установок и анализ циклов открытых (неконсервативных) систем., и особенностях их использования в промышленных теплоэнергетических установках в соответствии направлением 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, а так же научить студентов решать задачи, связанные с определением коэффициента полезного действия неравновесных диссипативных систем. Курс относится к блоку дисциплин для бакалавров по профилю Промышленная теплоэнергетика, очной формы обучения

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Специальные вопросы термодинамики" 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. Математика:

Знания: основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, гармонического анализа, основы теории вероятности

Умения: приобретать новые математические и естественнонаучные знания, использовать современные образовательные и информационные технологии

Навыки: методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств и численными методами решения теплотехнических задач

2.1.2. Тепломассообмен:

Знания: студент должен знать законы тепломассообмена

Умения: применять полученные знания при изучении и решении практических задач теплоэнергетического профиля и работе на Л и ПЗ

Навыки: владение методами эксперимента и обработки экспериментальных данных

2.1.3. Техническая термодинамика:

Знания: студент должен знать начала термодинамики; термодинамические циклы тепловых машин и нагнетателей

Умения: применять полученные знания при изучении теплотехнических дисциплин и решении практических задач теплоэнергетического профиля и работе на Л и ПЗ

Навыки: методами эксперимента и обработки экспериментальных данных

2.1.4. Физика:

Знания: студент должен знать смысл основных физических явлений, фундаментальных понятий; законы классической и современной физики

Умения: применять полученные знания при изучении теплотехнических дисциплин и решении практических задач теплоэнергетического профиля

Навыки: методами физического эксперимента и обработки экспериментальных данных

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	<p>Знать и понимать: физические основы закономерностей технической термодинамики для выявления сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: применять эти знания для выбора оптимального физико-математического аппарата, свойственного решению соответствующей проблемы</p> <p>Владеть: знаниями и умениями для решения проблем, связанных с профессиональной деятельностью</p>
2	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать и понимать: основные закономерности классической термодинамики и ее технических приложений</p> <p>Уметь: использовать эти знания для восприятия новой информации, соответствующей особенностям применения закономерностей классической термодинамики для решения технических задач</p> <p>Владеть: знаниями и умениями достаточными для постановки цели и выбора путей решения практических задач в области технической термодинамики</p>
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	<p>Знать и понимать: методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения и методы их решения, включая численные методы; возможности применения диаграмм водяного пара и влажного воздуха для исследования теплофизических процессов в реальных задачах)</p> <p>Уметь: демонстрировать базовые знания, обладать готовностью применять базовые знания в профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: знаниями и умениями на уровне, необходимом для получения результатов решения задач технической термодинамики применительно к теплотехнологическим установкам и системам</p>

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

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

4 зачетных единиц (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 6
Контактная работа	70	70,15
Аудиторные занятия (всего):	70	70
В том числе:		
лекции (Л)	28	28
практические (ПЗ) и семинарские (С)	28	28
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	14	14
Самостоятельная работа (всего)	74	74
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)	ЗаО	ЗаО

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 промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6	Раздел 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	4	2/1	4/3		12	22/4	
2	6	Тема 1.1 Законы (Начала) термодинамики Термодинамики. Законы термодинамики многокомпонентных систем. Основные понятия и законы. Характеристические функции. Удельные термодинамические потенциалы. Уравнения Гельмгольца и Гиббса-Гельмгольца. Уравнение Гиббса-Дюгема	4					4	
3	6	Раздел 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	4		4/3		12	20/3	
4	6	Тема 2.2 Уравнение неразрывности. Интегро-дифференциальная запись закона сохранения массы. Уравнение концентрации i -компонента системы. Уравнение движения. Уравнение энергии. Общая формулировка закона сохранения, превращения энергии электромагнитной многокомпонентной среды. Интегро-дифференциальное и дифференциальное уравнения энергии, внутренней энергии и энтальпии	4					4	
5	6	Раздел 3	4	4/4	4/3		12	24/7	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Феноменологические законы неравновесных процессов							
6	6	Тема 3.3 Эмпирические уравнения переноса. Вязкость Диффузия. Первый и второй законы Фика. Первый закон Фика Второй закон Фика. Теплопроводность. Основные уравнения электромагнитного поля. Перекрестные эффекты. Термодиффузионный эффект Людвига и Сорэ	4					4	ПК1, Тестирование
7	6	Раздел 4 Термохимия и излучение	4		4/3		12	20/3	
8	6	Тема 4.4 Вычисление химического потенциала. Термодинамика процессов с химическими реакциями. Тепловой эффект химической реакции и законы М. В. Ломоносова , Г.И. Гесса Г. Кирхгоффа и И. Шварца. Скорость химической реакции. Химическое сродство. Закон Аррениуса Равновесные химические реакции. Закон действующих масс и константы равновесия. Элементы теории и законы переноса излучения	4					4	
9	6	Раздел 5 Неравновесная линейная термодинамика	4	4/2	4/2		10	22/4	
10	6	Тема 5.5 Дифференциальные уравнения баланса массы. Импульса и энергии для вязких электро-магнитнопродных и химически	4					4	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР		Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		реагирующих систем. Закон сохранения массы. Уравнение для концентрации. Уравнения движения диссипативной и идеальной среды. Уравнение энергии для линейных неравновесных систем. Уравнение для внутренней энергии. Уравнение для энтальпии. Уравнение для энтальпии торможения. Уравнение для поля давления. Частные случаи. Уравнения теплопроводности и поля давления.							
11	6	Раздел 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы.	4	4/2	4/2		9	21/4	
12	6	Тема 6.6 Феноменологические уравнения теории энтропии. Общие положения и аспекты теории энтропии линейных неравновесных термодинамических систем. Элементы теории устойчивости равновесного состояния термодинамической системы Дж. У. Гиббса. Феноменологические уравнения. Выражение производства энтропии через термодинамические потоки и силы. Дифференциальное уравнение баланса для энтропии.	4					4	ПК2, Тестирование
13	6	Раздел 7 Принципы Кюри и Онсангера. Прямые и перекрестные эффекты	4		4/2		7	15/2	
14	6	Тема 7.7 Принцип симметрии	4					4	ЗаО

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Кюри: пространственная изотропность системы. Принцип локального термодинамического равновесия: соотношения взаимности Онсагера (инвариантность относительно обращения времени). Перекрестные эффекты. Прямые и обратные термодиффузионные и термоэлектрические эффекты. Прямые и обратные термодиффузионные эффекты. Прямые и обратные термоэлектрические эффекты Зеебека и Пельтье. Применимость соотношения взаимностей в химических реакциях.							
15		Всего:	28	14/9	28/18		74	144/27	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 14 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	6	РАЗДЕЛ 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	Определение постоянной Больцмана	2 / 1
2	6	РАЗДЕЛ 3 Феноменологические законы неравновесных процессов	Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля	2 / 2
3	6	РАЗДЕЛ 3 Феноменологические законы неравновесных процессов	Определение среднеарифметических и среднеквадратичных скоростей молекул газов	2 / 2
4	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля	4 / 2
5	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы.	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха (газа)	4 / 2
ВСЕГО:				14 / 9

Практические занятия предусмотрены в объеме 28 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	6	РАЗДЕЛ 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	Основные понятия и законы. Характеристические функции. Удельные термодинамические потенциалы. Уравнения Гельмгольца и Гиббса-Гельмгольца. Уравнение Гиббса-Дюгема	4 / 3
2	6	РАЗДЕЛ 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	Интегро-дифференциальная запись закона сохранения массы, уравнение концентрации i-компонента системы, уравнение движения. Уравнение энергии Общая формулировка закона сохранения, превращения энергии электромагнитной многокомпонентной среды. Интегро-дифференциальное и дифференциальное уравнения. Простейшие системы уравнений и их решения.	4 / 3

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
3	6	РАЗДЕЛ 3 Феноменологические законы неравновесных процессов	Решение задач по темам: Эмпирические уравнения переноса Вязкость Диффузия. Первый и второй законы Фика. Первый закон Фика Второй закон Фика. Теплопроводность. Основные уравнения электромагнитного поля. Перекрестные эффекты Термодиффузионный эффект Людвига и Соре.	4 / 3
4	6	РАЗДЕЛ 4 Термохимия и излучение	Вычисление химического потенциала и теплового эффекта химической. Скорость химической реакции. Константа равновесия и излучения в диссипативных системах	4 / 3
5	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Система уравнение для линейных неравновесных систем и ее простейшие решения	4 / 2
6	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы.	Расчет устойчивости равновесного состояния термодинамической системы Дж. У. Гиббса Феноменологические уравнения. Расчет производства энтропии через термодинамические потоки и силы. Дифференциальное уравнение баланса для энтропии	4 / 2
7	6	РАЗДЕЛ 7 Принципы Кюри и Онсангера. Прямые и перекрестные эффекты	Расчет коэффициент полезного действия диссипативных систем	4 / 2
ВСЕГО:				14 / 9

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению 13.03.01, предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий всего 27 ч.: компьютерных симуляций, разбор конкретных задач по данному курсу, в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов

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	6	РАЗДЕЛ 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	12
2	6	РАЗДЕЛ 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	Проработка задач практических занятий, выполнение расчетов по лабораторным занятиям	12
3	6	РАЗДЕЛ 3 Феноменологические законы неравновесных процессов	Подготовка к курсовой работе: изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	12
4	6	РАЗДЕЛ 4 Термохимия и излучение	Выполнение курсовой работы: изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	12
5	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Выполнение расчетов по лабораторным занятиям с использованием лекционного материала, проработка задач практических занятий	10
6	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы.	Проработка задач практических занятий, изучение лекционного материала и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	9
7	6	РАЗДЕЛ 7 Принципы Кюри и Онсангера. Прямые и перекрестные эффекты	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	7
ВСЕГО:				74

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	Основы гидродинамики и теплообмена однофазных и двухфазных сред	Дмитренко А.В.	М.: МФТИ, 2008	Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5, Раздел 6, Раздел 7
2	Введение в феноменологическую неравновесную термодинамику. (учебное пособие) гриф УМО, Москва	Дмитренко А.В.	М.: МАТИ, 2007	Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5, Раздел 6

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
3	Термодинамика	Базаров И.Т.	М.: Высшая школа, 1991	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5, Раздел 6
4	Термодинамика необратимых процессов	Хазе Р.	М: Мир, 1967	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5, Раздел 6

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://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД».
3. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
4. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.

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

Электронная библиотека кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» МИИТа располагает перечнем литературных источников, обеспечивающих проведение учебных занятий по всем разделам дисциплины «Специальные вопросы термодинамики», информационно-справочный материал на сайтах:
www.thermophysics.ru/modules. www.kodges.ru/147662-lekcii-po-terrodinamike.html

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

Основная лекционная аудитория, а также помещения лаборатории оборудованы мультимедийными комплексами. В составе учебных лабораторий кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» имеются необходимые материалы по дисциплине «Специальные вопросы термодинамики».

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

Рекомендуется иметь конспект лекций. С помощью основной и дополнительной литературы получить достаточный объем знаний, необходимый для расчета тепловых балансов и норм теплоснабжения в теплоэнергетических установках и системах. Для подготовки к практическим занятиям следует воспользоваться конспектом лекций по дисциплине «Специальные вопросы термодинамики», а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание физическим основам рассматриваемой дисциплины. Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов