

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

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор



В.С. Тимонин

31 мая 2023 г.



Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Основы определения термодинамических потерь и математическое
моделирование тепло- и массо- обмена при проектировании
энергооборудования**

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>2020</u>

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 10 26 мая 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 12 21 мая 2020 г. Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Ф.А. Поливода</p>
---	---

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 743095
Подписал: Заведующий кафедрой Поливода Федор
Анатольевич
Дата: 21.05.2020

Москва 2023 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) «Основы определения термодинамических потерь и математическое моделирование тепло- и массообмена при проектировании энергооборудования» 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, кроме того. дать развитие практических навыков в области прикладной математики и их теоретическое обоснование, 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, а так же всестороннее изучение методов численного решения дифференциальных уравнений тепло и массо- обмена. Курс относится к блоку дисциплин для бакалавров по профилю "Промышленная теплоэнергетика", очной формы обучения.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Основы определения термодинамических потерь и математическое моделирование тепло- и массо- обмена при проектировании энергооборудования" 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. Информатика:

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: понятийный аппарат дисциплины, ее методологические основы, принципы и особенности, формально-логические и эвристические методы и подходы для описания, анализа и решения профессиональных проблем.

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

Навыки: методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических

2.1.3. Тепломассообмен:

Знания: способы демонстрации результатов расчетов и закономерностей при генерации, преобразованию, транспорту и использованию теплоты в установках и системах промышленной теплоэнергетики, транспортной отрасли и ЖКХ

Умения: применять физико-математический аппарат для получения конкретных результатов согласно техническому заданию

Навыки: современными методами и технологиями при обработке технической документации

2.1.4. Техническая термодинамика:

Знания: типовые методики тепловых расчетов деталей и узлов теплоиспользующих, а также теплогенерирующих установок и систем теплоснабжения промышленных объектов, транспорта, отрасли ЖКХ

Умения: применять физико-математический аппарат для получения конкретных результатов согласно техническому заданию

Навыки: современными методами и технологиями при обработке технической информации

2.1.5. 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

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

2.2.1. Государственная итоговая аттестация

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	ПКС-2 Готовность участвовать в разработке проектов модернизации действующих объектов и систем теплоэнергетики и теплотехники;	ПКС-2.1 Участвует в сборе информации о современных энергосберегающих технологиях и оборудовании систем теплоэнергетики и теплотехники.
2	ПКС-3 Готовность анализировать и использовать исходные данные технического задания и технические условия на проектирование;	ПКС-3.1 Анализирует и использует данные для оценки составляющих тепловых и массовых балансов помещений.
3	ПКС-4 Готовность участвовать в проработке вариантов технологического решения объекта проектирования;	ПКС-4.4 Составляет тепловые и массовые балансы в узлах и рассчитывает принципиальные технологические (тепловые) схемы.
4	ПКС-5 Способность подготовить проектную и рабочую документацию объекта проектирования на основании задания руководителя.	ПКС-5.1 Составляет описания принятых технологических (технических) решений и принципов действия отдельных блоков, узлов, элементов на основании задания руководителя.

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

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

7 зачетных единиц (252 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 5	Семестр 6
Контактная работа	150	66,15	84,15
Аудиторные занятия (всего):	150	66	84
В том числе:			
лекции (Л)	76	34	42
практические (ПЗ) и семинарские (С)	44	16	28
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	30	16	14
Самостоятельная работа (всего)	66	42	24
Экзамен (при наличии)	36	0	36
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	252	108	144
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	7.0	3.0	4.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	КП (1), ПК2, ТК	ПК2, ТК	КП (1), ПК2, ТК
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет, Экзамен	Зачет	Экзамен

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/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	Раздел 1 Введение в теорию погрешности	2	2	2		4	10	
2	5	Раздел 2 Численные методы решения скалярных уравнений	4	2	2		4	12	
3	5	Раздел 3 Численные методы решения систем линейных уравнений	4				4	8	ТК
4	5	Раздел 4 Интерполяция функций	4	2	2		4	12	
5	5	Раздел 5 Среднеквадратичные приближения	4				4	8	
6	5	Раздел 6 Численное интегрирование	4	2	2		4	12	
7	5	Раздел 7 Численное дифференцирование	4				6	10	
8	5	Раздел 8 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений 1 порядка	4	4	4		6	18	
9	5	Раздел 9 Численные методы решения уравнений в частных производных	4	4	4		6	18	ПК2
10	6	Раздел 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	6		4		4	14	
11	6	Тема 1.1 Законы (Начала) термодинамики Термодинамики. Законы термодинамики многокомпонентных систем. Основные понятия и законы. Характеристическая функция. Удельные термодинамические потенциалы. Уравнения Гельмгольца и Гиббса-Гельмгольца. Уравнение Гиббса-Дюгема	6					6	

№ 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/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	6	Раздел 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	6	4			4	14	
13	6	Тема 2.1 Тема: 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	6					6	ТК
14	6	Раздел 3 Среднеквадратичные приближения.	6		8		2	16	
15	6	Тема 3.1 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	6					6	
16	6	Раздел 4 Термохимия и излучение	6				2	8	
17	6	Тема 4.1 Тема: Вычисление химического потенциала. Термодинамика процессов с химическими реакциями. Тепловой эффект химической реакции и законы М. В. Ломоносова, Г.И. Гесса Г. Кирхгофа и И. Шварца. Скорость	6					6	

№ 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/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		химической реакции. Химическое сродство. Закон Аррениуса Равновесные химические реакции. Закон действующих масс и константы равновесия. Элементы теории и законы переноса излучения							
18	6	Раздел 5 Неравновесная линейная термодинамика	6	4	8		2	20	
19	6	Тема 5.1 Тема: Дифференциальные уравнения баланса массы. Импульса и энергии для вязких электромагнитнопродных и химически 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.	6					6	ПК2
20	6	Раздел 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы	6	6	8		4	24	
21	6	Тема 6.1 Тема: 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	6					6	

№ 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/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		уравнения. Выражение производства энтропии через термодинамические потоки и силы. Дифференциальное уравнение баланса для энтропии.							
22	6	Раздел 7 Принципы Кюри и Онсагера. Прямые и перекрестные эффекты	6				6	12	
23	6	Тема 7.1 Тема: Принцип симметрии 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.	6					6	КП
24	6	Экзамен						36	Экзамен
25		Всего:	76	30	44		66	252	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия предусмотрены в объеме 44 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	4
2	5	РАЗДЕЛ 1 Введение в теорию погрешности	Понятие верной цифры. Погрешность функции одной и многих переменных	2
3	5	РАЗДЕЛ 2 Численные методы решения скалярных уравнений	Метод бисекции. Метод простой итерации. Метод Ньютона	2
4	6	РАЗДЕЛ 3 Среднеквадратичные приближения.	Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля	4
5	6	РАЗДЕЛ 3 Среднеквадратичные приближения.	Определение среднеарифметических и среднеквадратичных скоростей молекул газов	4
6	5	РАЗДЕЛ 4 Интерполяция функций	Построение многочленов Лагранжа и Ньютона. Метод наименьших квадратов. Нормальная система метода. Среднеквадратичное отклонение.	2
7	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля	8
8	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха (газа)	8
9	5	РАЗДЕЛ 6 Численное интегрирование	Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Априорные оценки погрешности и оценка погрешности по правилу Рунге	2
10	5	РАЗДЕЛ 8 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений 1 порядка	Явный метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера и метод Эйлера-Коши. Оценка погрешности по правилу Рунге.	4
11	5	РАЗДЕЛ 9 Численные методы решения уравнений в частных производных	Явная разностная схема для уравнения теплопроводности. Определение шага по времени из условия устойчивости.	4
ВСЕГО:				44/0

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 30 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	5	РАЗДЕЛ 1 Введение в теорию погрешности	Понятие верной цифры. Погрешность функции одной и многих переменных	2
2	5	РАЗДЕЛ 2 Численные методы решения скалярных уравнений	Метод бисекции. Метод простой итерации. Метод Ньютона	2
3	6	РАЗДЕЛ 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	Определение постоянной Больцмана. Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля. Определение среднеарифметических и среднеквадратичных скоростей молекул газов	4
4	5	РАЗДЕЛ 4 Интерполяция функций	Построение многочленов Лагранжа и Ньютона. Метод наименьших квадратов. Нормальная система метода. Среднеквадратичное отклонение	2
5	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Определение динамического коэффициента вязкости методом Пуазейля	4
6	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха (газа)	6
7	5	РАЗДЕЛ 6 Численное интегрирование	Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Априорные оценки погрешности и оценка погрешности по правилу Рунге	2
8	5	РАЗДЕЛ 8 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений 1 порядка	Явный метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера и метод Эйлера-Коши. Оценка погрешности по правилу Рунге	4
9	5	РАЗДЕЛ 9 Численные методы решения уравнений в частных производных	Явная разностная схема для уравнения теплопроводности. Определение шага по времени из условия устойчивости	4
ВСЕГО:				30/0

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Возможные темы курсовых работ. Семестр 6.

Нахождение погрешности функции трех переменных.

Поиск корня уравнения методами бисекции, простой итерации и Ньютона.

Оценка числа обусловленности задачи решения линейной системы.

Решение линейной системы методами Гаусса, прогонки, Якоби и Зейделя.

Построение интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона. Аппроксимация функции многочленами 1-й и 2-й степени методом наименьших квадратов.
Вычисление интеграла по формулам трапеций, центральных прямоугольников и Симпсона с априорной оценкой погрешности и оценкой погрешности по Рунге.
Приближенное решение задачи Коши явным методом Эйлера и методом Рунге-Кутты 2-го порядка с оценкой погрешности по правилу Рунге.
Приближенное решение краевой задачи на трехточечном шаблоне.
Решение начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности с помощью явной разностной схемы.

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 : компьютерных симуляций, разбор конкретных задач по данному курсу, в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

Практические занятия проводятся в традиционной форме и требуют обязательного применения вручную и по шагам изучаемых методов. Могут содержать элементы проблемного подхода с постановкой вычислительной задачи и обсуждением эффективности различных подходов к ее решению.

Лабораторные занятия проводятся в учебных компьютерных классах и заключаются в применении изучаемых вычислительных алгоритмов к решению конкретных задач с последующей защитой отчетов.

Самостоятельная работа включает выполнение расчетных заданий (типового расчета), выполнение домашней части лабораторных работ и оформление отчетов по ним, подготовку к зачету, экзамену и курсовой работе

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	5	РАЗДЕЛ 1 Введение в теорию погрешности	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
2	6	РАЗДЕЛ 1 Общие понятия термодинамики неравновесных процессов	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
3	6	РАЗДЕЛ 2 Общие уравнения термодинамики неравновесных процессов. Физико-математический формализм уравнений	Проработка задач практических занятий, выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
4	5	РАЗДЕЛ 2 Численные методы решения скалярных уравнений	Проработка задач практических занятий, выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
5	6	РАЗДЕЛ 3 Среднеквадратичные приближения.	Подготовка к курсовой работе: изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	2
6	5	РАЗДЕЛ 3 Численные методы решения систем линейных уравнений	Подготовка к изучению лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
7	5	РАЗДЕЛ 4 Интерполяция функций	изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
8	6	РАЗДЕЛ 4 Термохимия и излучение	Выполнение курсовой работы: изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	2
9	6	РАЗДЕЛ 5 Неравновесная линейная термодинамика	Выполнение расчетов по лабораторным занятиям с использованием лекционного материала, проработка задач практических занятий	2
10	5	РАЗДЕЛ 5 Среднеквадратичные приближения	Выполнение расчетов по лабораторным занятиям с использованием лекционного материала, проработка задач практических занятий	4
11	6	РАЗДЕЛ 6 Неравновесная	Проработка задач практических занятий, изучение лекционного материала и	4

		линейная термодинамика. Основные уравнения и принципы	выполнение расчетов по лабораторным занятиям	
12	5	РАЗДЕЛ 6 Численное интегрирование	Проработка задач практических занятий, изучение лекционного материала и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	4
13	6	РАЗДЕЛ 7 Принципы Кюри и Онсангера. Прямые и перекрестные эффекты	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	6
14	5	РАЗДЕЛ 7 Численное дифференцирование	Изучение лекционного материала, проработка задач практических занятий и выполнение расчетов по лабораторным занятиям	6
15	5	РАЗДЕЛ 8 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений 1 порядка	Выполнение расчетов по лабораторным занятиям с использованием лекционного материала, проработка задач практических занятий	6
16	5	РАЗДЕЛ 9 Численные методы решения уравнений в частных производных	Проработка задач практических занятий, выполнение расчетов по лабораторным занятиям	6
ВСЕГО:				66

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	Вычислительные методы	Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.	М: Издательский дом МЭИ, 2008 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4
2	Численные методы	Самарский А.А., Гулин А.В.	М.: Наука, 1989 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Раздел 5, Раздел 6, Раздел 7, Раздел , Раздел 9
3	Основы гидродинамики и теплообмена однофазных и двухфазных сред	Дмитренко А.В.	М.: МФТИ, 2008 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4, Раздел 5, Раздел 6, Раздел 7
4	Введение в феноменологическую неравновесную термодинамику. (учебное пособие) гриф УМО, Москва	Дмитренко А.В.	М.: МАТИ, 2007 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	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
5	Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений.	Казенкин К.О.	М: Издательство МЭИ, 2009 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4
6	Численные методы	Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Раздел 6, Раздел 7, Раздел 8, Раздел 9
7	Термодинамика	Базаров И.Т.	М.: Высшая школа, 1991 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4

			(http://www.elibrary.ru)	
8	Термодинамика необратимых процессов	Хазе Р.	М: Мир, 1967 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	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, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ 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, информационно-справочный материал на сайтах:

www.thermophysics.ru/modules. www.kodges.ru/147662-lekcii-po-terrodinamike.html
www.exponenta.ru; www.mathmod.ru.

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

Основная лекционная аудитория, а также помещения лаборатории оборудованы мультимедийными комплексами. Проведение лабораторных работ в компьютерных классах с установленной на компьютерах средой разработки программных средств (например, Borland Developer Studio) и математическим пакетом (например, Mathcad). В составе учебных лабораторий кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» имеются необходимые материалы по дисциплине «Основы определения термодинамических потерь и математическое моделирование тепло- и массо- обмена при проектировании энергооборудования» .

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, а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание математическим и физическим основам рассматриваемой дисциплины «Основы определения термодинамических потерь и математическое моделирование тепло- и массо- обмена при проектировании энергооборудования». Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов