

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ



П.Ф. Бестемьянов

08 сентября 2017 г.

Кафедра "Теплоэнергетика железнодорожного транспорта"

Автор Минаев Борис Николаевич, д.т.н., профессор

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика

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>2016</u>

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 1 06 сентября 2017 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>Протокол № 2 04 сентября 2017 г. Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Б.Н. Минаев</p>
---	--

Москва 2017 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика изучает закономерности взаимного превращения тепловой и механической энергии.

Целью освоения учебной дисциплины «Техническая термодинамика» является формирование в процессе подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» с профилем «Промышленная теплоэнергетика» компетенций, позволяющих с привлечением методов термодинамики производить анализ эффективности циклов теплоэнергетических систем и установок, выполнять расчеты и проектирование различных видов тепловых двигателей, а также компрессоров; всевозможного тепло-технического оборудования: сушильного, холодильного, теплонасосного и т.п., основываясь на свойствах рабочих тел и теплоносителей

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Техническая термодинамика" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его базовую часть.

2.1. Наименования предшествующих дисциплин

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

2.1.1. 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: владение методами физического эксперимента и обработки экспериментальных данных

2.2. Наименование последующих дисциплин

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

2.2.1. Тепломассообмен

2.2.2. Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и ж.д. транспорта

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: методы и требования, соответствующие задачам проведения эксперимента по заданной методике</p> <p>Уметь: самостоятельно разработать методику проведения эксперимента</p> <p>Владеть: знаниями и умениями, необходимыми для анализа полученных результатов, в том числе с привлечением соответствующего математического аппарата</p>
2	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 диа-грамм водяного пара и влажного воздуха для исследования тепловых 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 теплотехно-логическим установкам и системам</p>
3	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать и понимать: закономерности технической термодинамики и ее технических приложений на уровне, обеспечивающем готовность к проведению самостоятельной работы</p> <p>Уметь: индивидуально разработать (принять) план решения конкретной задачи технической термодинамики применительно к элементу (узлу) теплотехно-гической установки или системы</p> <p>Владеть: знаниями и умениями для реализации плана решения конкретной задачи технической термодинамики</p>

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

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

8 зачетных единиц (288 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 3	Семестр 4
Контактная работа	138	79,15	59,15
Аудиторные занятия (всего):	138	79	59
В том числе:			
лекции (Л)	54	36	18
практические (ПЗ) и семинарские (С)	54	36	18
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	18	0	18
Контроль самостоятельной работы (КСР)	12	7	5
Самостоятельная работа (всего)	114	65	49
Экзамен (при наличии)	36	0	36
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	288	144	144
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	8.0	4.0	4.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	КР (1), ПК1, ПК2	ПК1, ПК2	КР (1), ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗЧ, ЭК	ЗЧ	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 промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	Раздел 1 Основные понятия термодинамики	2		2/1		3	7/1	
2	3	Тема 1.1 Понятие о технической термодинамике. Термодинамическая система и окружающая среда. Рабочее тело. Параметры состояния термодинамической системы. Простое тело. Уравнение состояния. Термодинамический процесс (равновесный, неравновесный, обратимый, необратимый, круговой). Процессы, рассматриваемые в технической термодинамике. Функции состояния простого тела	2					2	
3	3	Тема 2.2 Идеальный и неидеальный газы. Температура (температурные шкалы), давление (абсолютное, избыточное, разрежение), удельный объем. Физические и технические нормальные условия. Уравнение состояния идеальных газов (Клапейрона, Клапейрона-Менделеева). Газовая постоянная. Закон Авогадро. Универсальная	2					2	ПК1

№ 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
		газовая постоянная. Уравнение состояния реальных газов (Ван-дер-Ваальса)							
4	3	Тема 3.3 Теплота, внутренняя энергия, работа расширения. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Теплоемкость тела: полная, удельные массовая, объемная, мольная, изобарная, изохорная, истинная и средняя. Уравнение Майера. Энтальпия. Формулировка первого закона термодинамики с помощью энтальпии	2					2	
5	3	Раздел 4 Циклы Карно	2		2/1		4	8/1	
6	3	Тема 4.4 Прямой обратимый цикл Карно – цикл идеального теплового двигателя. КПД цикла Карно. Обратный обратимый цикл Карно – цикл идеальной холодильной машины, теплового насоса. Холодильный и теплонасосный коэффициенты. Значение цикла Карно в термодинамике. Регенеративный цикл	2					2	
7	3	Раздел 5 Второй закон термодинамики	4		2/1	2	4	12/1	
8	3	Тема 5.5 Энтропия как функция состояния тела. Тепловая	4			2		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	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		теорема Нернста. Т-s-диаграмма. Изменение энтропии при на-гревании и охлаждении тела. Формули-ровки второго закона термодинамики. «Горячий» и «холодный» источники теп-лоты. Вечные двигатели первого и вто-рого рода. Термический коэффициент полезного действия цикла. Принципиальное отличие необратимых и обратимых процессов на примере расширения газа в цилиндре с поршнем. Изменение энтропии изолированной системы при самопроизвольном термодинамическом процессе							
9	3	Тема 6.6 Составляющие метода исследования процессов. Изохорный, изобарный, изо-термический, адиабатный, политропный процессы	4			2		6	
10	3	Тема 7.7 p-v, T-s, h-s – диаграммы водяного пара. Изображения термодинамических про-цессов на диаграммах	2					2	
11	3	Раздел 8 Смеси идеальных газов	2		2/1		4	8/1	
12	3	Тема 8.8 Закон Дальтона. Парциальное давление. Массовая,	2					2	

№ 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
		объемная, мольная доли ком-понента. Приведенный объем. Газовая постоянная смеси газов и кажущаяся молекулярная масса смеси. Теплоемкости смеси газов (изохорные и изобарные) в идеальном приближении							
13	3	Раздел 9 Влажный воздух	2		2/1	1	4	9/1	
14	3	Тема 9.9 Насыщенный и ненасыщенный. Температура «точки росы». Абсолютная и относительная влажности воздуха. Влажно-содержание. Изобарная теплоемкость и энтальпия влажного воздуха. h-d – диаграмма влажного воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха на h-d – диаграмме	2			1		3	
15	3	Раздел 10 Уравнение первого закона термодинамики для потока (открытой термодинамической системы)	2		2/1		4	8/1	
16	3	Тема 10.10 Техническая работа. Работа вытеснения. Выражение первого закона термодинамики для потока. Простейшие примеры применения первого закона термодинамики для открытой системы: теплообменный аппарат, тепловой двигатель, компрессор	2					2	

№ 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
17	3	Раздел 11 Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах	2		2/1	1	4	9/1	
18	3	Тема 11.11 Уравнение неразрывности потока. Сопла и диффузоры. Истечение из суживающе-гося сопла (скорость истечения, массовый расход газа, критическое соотношение давлений, критическая скорость истечения, максимальный секундный расход газа). Комбинированное сопло Лаваля. Расчет процесса истечения с помощью h-s – диаграммы. Скоростной коэффициент сопла	2			1		3	
19	3	Раздел 12 Дросселирование газов и паров	2		2/1		4	8/1	
20	3	Тема 12.12 Определение и особенности процесса дросселирования. Изменение температуры газа в процессе дросселирования (эффект Джоуля-Томсона, дроссель-эффект, температура инверсии)	2					2	
21	3	Тема 13.13 Сжатие газа в одноступенчатом поршневом компрессоре. Многоступенчатое сжатие в поршневом компрессоре. Рабо-та	2					2	

№ 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
		сжатия в поршневом и лопаточном компрессорах. Струйный компрессор							
22	3	Раздел 14 Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	2		2/1	1	5	10/1	
23	3	Тема 14.14 Обобщенный цикл тепловых двигателей (со смешанным изохорно-изобарным подводом теплоты). Цикл ДВС с изохорным подводом теплоты. Цикл ДВС с изобарным подводом теплоты. Сравнение циклов ДВС. Цикл двигателя Стирлинга	2			1		3	
24	3	Раздел 15 Циклы газотурбинных установок	2		2/1		4	8/1	
25	3	Тема 15.15 Циклы ГТУ: с адиабатным сжатием и изобарным подводом теплоты, с изотермическим сжатием и изобарным подводом теплоты, с изотермическим сжатием и изотермическим расширением, с изохорным подводом теплоты, с замкнутым циклом. Регенерация теплоты в циклах ГТУ	2					2	
26	3	Раздел 16 Циклы паросиловых установок	2		2/1		5	9/1	
27	3	Тема 16.16 Циклы Карно и Ренкина. Определение теоретического	2					2	

№ 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
		расхода пара и термиче-ского КПД цикла ПСУ по h-s – диаграм-ме. Цикл с повторным перегревом пара. Регенеративный цикл. Цикл ТЭЦ. Сравнение совместной и отдельной выработки электрической и тепловой энергии. Бинарные ПСУ (парогазовый цикл)							
28	4	Раздел 2 Уравнение состояния идеальных газов	2	2	2/1		4	10/1	
29	4	Раздел 3 Первый закон термодинамики	2	4	4/2		4	14/2	
30	4	Раздел 6 Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	4	4	4/1	2	4	18/1	
31	4	Раздел 7 Термодинамические процессы реальных газов	2	4	2/1		4	12/1	
32	4	Раздел 13 Сжатие газа в компрессоре	2	4	2/2		4	12/2	
33	4	Раздел 17 Установки для непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую	2		2/1		8	12/1	
34	4	Тема 17.17 Комбинированные установки с МГД-генераторами. Принцип работы МГД-генератора. МГД-установки открытого и закрытого типов. Термоэлектрический генератор	2					2	
35	4	Раздел 18 Циклы холодильных машин. Тепловые	6		6/2	2	9	23/2	

№ 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
		насосы							
36	4	Тема 18.18 Рабочие тела холодильных машин. Холодильные машины: воздушная, парокомпрессионная, парожеторная, абсорбционная, электротермическая. Теплонасосные установки	6			2		8	
37	4	Раздел 19 Трансформаторы теплоты	2		2/1		8	12/1	
38	4	Тема 19.19 Рабочие тела холодильных машин. Холодильные машины: воздушная, парокомпрессионная, парожеторная, абсорбционная, электротермическая. Теплонасосные установки	2					2	
39	4	Раздел 20 Эксергия и эксергетический метод исследования термодинамических процессов	2		2/1	1	8	13/1	
40	4	Тема 20.20 Эксергия. Эксергетический КПД. Эксергетический анализ основных обратимых термодинамических процессов. Эксергетический метод исследования с учетом необратимых явлений	2			1		3	
41	4	Раздел 21 Основы химической термодинамики	4		4/2	2	8	18/2	
42	4	Тема 21.21 Теплота химической реакции. Типы реакций. Применение первого закона тер-	4			2		6	

№ 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
		<p>модинамики к химическим реакциям. Закон Гесса и его следствия. Максималь-ная теплота химической реакции. Зави-симость ее от температуры. Применение второго закона термодинамики к химическим реакциям. Максимальная работа химической реакции. Константа равновесия химической реакции. Зависимость максимальной работы химической реакции от константы равновесия.</p>							
43	4	Раздел 22 Понятие о термодинамике необратимых процессов	2		2/2		8	48/2	
44	4	Тема 22.22 Основы теории Онсагера. Применение теории Онсагера к анализу процессов теплопроводности и термоэлектрических эффектов	2					2	
45		Всего:	54	18	54/27	12	114	288/27	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия предусмотрены в объеме 54 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	3	РАЗДЕЛ 1 Основные понятия термодинамики	Термодинамическая система и окружающая среда. Пара-метры состояния термодинамической системы. Простое тело. Уравнение состояния. Термодинамический процесс (равновесный, неравновесный, обратимый, необратимый, круговой).	2 / 1
2	3	РАЗДЕЛ 2 Уравнение состояния идеальных газов	Идеальный и неидеальный газы. Температурные шкалы. Давление: абсолютное, избыточное, разрежение. Физические и технические нормальные условия. Уравнение Клапейрона, Клапейрона-Менделеева. Газовая и универсальная газовая постоянные. Уравнение Ван-дер-Ваальса.	2 / 1
3	3	РАЗДЕЛ 3 Первый закон термодинамики	Составляющие первого закона термодинамики. Теп-лоемкость. Уравнение Майера. Энтальпия	4 / 2
4	3	РАЗДЕЛ 4 Циклы Карно	Прямой и обратный обратимые циклы Карно (идеального теплового двигателя и идеальной холодильной машины). Тепловой насос. КПД цикла Карно. Холодильный и теплонасосный коэффициенты	2 / 1
5	3	РАЗДЕЛ 5 Второй закон термодинамики	Понятие энтропии. T-s–диаграмма. Термический коэффициент полезного действия цикла. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах	2 / 1
6	3	РАЗДЕЛ 6 Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.	4 / 1
7	3	РАЗДЕЛ 7 Термодинамические процессы реальных газов	p-v, T-s, h-s – диаграммы водяного пара. Термодина-мические процессы на диаграммах	2 / 1
8	3	РАЗДЕЛ 8 Смеси идеальных газов	Закон Дальтона. Парциаль-ное давление. Приведенный объем. Газовая постоянная смеси газов и кажущаяся молекулярная масса смеси. Теплоемкость смеси газов	2 / 1
9	3	РАЗДЕЛ 9 Влажный воздух	Параметры влажного возду-ха. h-d – диаграмма влажно-го воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха	2 / 1

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
10	3	РАЗДЕЛ 10 Уравнение первого закона термодинамики для потока (открытой термодинамической системы)	Составляющие уравнения первого закона термодинамики. Примеры применения первого закона термодинамики для открытых систем	2 / 1
11	3	РАЗДЕЛ 11 Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах	Истечение из суживающегося сопла. Критическое соотношение давлений. Комбинированное сопло Лавала. Расчет процесса истечения с помощью h-s – диаграммы	2 / 1
12	3	РАЗДЕЛ 12 Дросселирование газов и паров	Эффект Джоуля-Томсона. Отрицательный, положительный, нулевой дроссель-эффекты. Температура инверсии	2 / 1
13	3	РАЗДЕЛ 13 Сжатие газа в компрессоре	Рабочий процесс поршневого компрессора (одноступенчатое и многоступенчатое сжатие). Струйный компрессор. Лопаточный компрессор	2 / 2
14	3	РАЗДЕЛ 14 Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Цикл с изохорно-изобарным подводом теплоты. Циклы ДВС с изохорным подводом теплоты, с изобарным подводом теплоты. Сравнение циклов ДВС	2 / 1
15	3	РАЗДЕЛ 15 Циклы газотурбинных установок	Циклы ГТУ с адиабатным сжатием и изобарным подводом теплоты, с изотермическим сжатием и изобарным подводом теплоты. Регенерация теплоты в циклах ГТУ	2 / 1
16	3	РАЗДЕЛ 16 Циклы паросиловых установок	Цикл Ренкина. Определение расхода пара и термического КПД цикла ПСУ по h-s – диаграмме. Цикл с повторным перегревом пара. Регенеративный цикл. Цикл ТЭЦ. Парогазовый цикл	2 / 1
17	4	РАЗДЕЛ 17 Установки для непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую	Комбинированные установки с МГД-генератором	2 / 1
18	4	РАЗДЕЛ 18 Циклы холодильных машин. Тепловые насосы	Рабочие тела холодильных машин. Циклы воздушной, парокомпрессионной, парожеткорной, абсорбционной холодильных установок. Теплонасосные установки	6 / 2
19	4	РАЗДЕЛ 19 Трансформаторы теплоты	Термодинамические основы трансформации теплоты. Установка для совместного получения теплоты и холода	2 / 1

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
20	4	РАЗДЕЛ 20 Эксергия и эксергетический метод исследования термодинамических процессов	Эксергетический КПД. Эксергетический анализ термодинамических процессов	2 / 1
21	4	РАЗДЕЛ 21 Основы химической термодинамики	Теплота химической реакции. Применение первого закона термодинамики к химическим реакциям. Закон Гесса. Зависимость максимальной теплоты химической реакции от температуры. Применение второго закона термодинамики к химическим реакциям. Максимальная работа химической реакции. Константа равновесия	4 / 2
22	4	РАЗДЕЛ 22 Понятие о термодинамике необратимых процессов	Применение теории Онсаге-ра к анализу процессов теплопроводности и термоэлектрических эффектов	2 / 2
ВСЕГО:				72 / 27

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	4	РАЗДЕЛ 2 Уравнение состояния идеальных газов	Уравнение состояния газа	2
2	4	РАЗДЕЛ 3 Первый закон термодинамики	Определение изобарной теплоемкости методом нагрева струи	4
3	4	РАЗДЕЛ 6 Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	Определение показателя степени адиабаты	4
4	4	РАЗДЕЛ 7 Термодинамические процессы реальных газов	Определение удельной теплоемкости и теплоты парообразования воды	4
5	4	РАЗДЕЛ 13 Сжатие газа в компрессоре	Испытание поршневого компрессора	4
ВСЕГО:				72 / 27

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

термодинамические процессы идеальных и реальных газов;
процессы изменения состояния влажного воздуха;
расчет параметров истечения газов из сопла и диффузора с помощью $h-s$ – диаграммы;
сжатие газа в компрессорах;
термодинамический расчет цикла двигателя внутреннего сгорания;
термодинамический расчет цикла паротурбинной установки;
термодинамический расчет цикла газотурбинной установки;
термодинамический расчет парогазового цикла;
термодинамический расчет холодильной установки

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения должны использоваться интерактивные формы проведения занятий, связанные с обсуждением теплофизических проблем дисциплины «Тепломассо-обмен» и применением закономерностей тепло- и массопереноса к решению практических задач специальности.

В соответствии с учебным планом объем интерактивной формы обучения соответствует следующему количеству часов: в третьем семестре – 27 часов; в четвертом семестре – 9 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	3	РАЗДЕЛ 1 Основные понятия термодинамики	Параметры состояния термодинамической системы. Термодинамический процесс (равновесный, неравновесный, обратимый, необратимый, круговой)	3
2	3	РАЗДЕЛ 2 Уравнение состояния идеальных газов	Температурные шкалы. Давление: абсолютное, избыточное, разрежение. Уравнения состояния Клапейрона, Клапейрона-Менделеева. Закон Авогадро. Газовые постоянные	4
3	3	РАЗДЕЛ 3 Первый закон термодинамики	Формулировка первого закона термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера. Энтальпия	4
4	3	РАЗДЕЛ 4 Циклы Карно	Цикл идеального теплового двигателя. Цикл идеальной холодильной машины (теплового насоса). Регенеративный цикл	4
5	3	РАЗДЕЛ 5 Второй закон термодинамики	Энтропия. T-s – диаграмма. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах	4
6	3	РАЗДЕЛ 6 Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы	4
7	3	РАЗДЕЛ 7 Термодинамические процессы реальных газов	Изображения термодинамических процессов на p-v, T-s, h-s – диаграммах	4
8	3	РАЗДЕЛ 8 Смеси идеальных газов	Закон Дальтона. Теплоемкости смеси газов (изохорные и изобарные)	4
9	3	РАЗДЕЛ 9 Влажный воздух	h-d – диаграмма влажного воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха на h-d – диаграмме	4
10	3	РАЗДЕЛ 10 Уравнение первого закона термодинамики для потока (открытой термодинамической системы)	Формулировка первого закона термодинамики для потока и примеры его применения	4
11	3	РАЗДЕЛ 11 Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах	Истечение из суживающегося сопла. Комбинированное сопло Лаваля. Расчет процесса истечения с помощью h-s – диаграммы	4
12	3	РАЗДЕЛ 12 Дросселирование	Эффект Джоуля-Томсона (дроссель-эффект). Температура инверсии	4

		газов и паров		
13	3	РАЗДЕЛ 13 Сжатие газа в компрессоре	Одноступенчатый и многоступенчатый поршневой компрессор. Лопаточный компрессор. Струйный компрессор. Работа сжатия.	4
14	3	РАЗДЕЛ 14 Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Обобщенный цикл тепловых двигателей. Сравнение циклов ДВС.	5
15	3	РАЗДЕЛ 15 Циклы газотурбинных установок	Циклы ГТУ. Регенерация теплоты в циклах ГТУ	4
16	3	РАЗДЕЛ 16 Циклы паросиловых установок	Цикл Ренкина. Цикл ТЭЦ. Сравнение совместной и отдельной выработки электрической и тепловой энергии. Парогазовый цикл	5
17	4	РАЗДЕЛ 17 Установки для непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую	Комбинированные установки с МГД-генераторами. МГД-установки открытого и закрытого типов	8
18	4	РАЗДЕЛ 18 Циклы холодильных машин. Тепловые насосы	Холодильные установки: воздушная, парокомпрессионная, парожеткционная, абсорбционная, электротермическая. Теплонасосные установки	9
19	4	РАЗДЕЛ 19 Трансформаторы теплоты	Повышающий и понижающий трансформаторы теплоты. Установка для совместного получения теплоты и холода	8
20	4	РАЗДЕЛ 20 Эксергия и эксергетический метод исследования термодинамических процессов	Эксергия. Эксергетический КПД. Эксергетический анализ термодинамических процессов	8
21	4	РАЗДЕЛ 21 Основы химической термодинамики	Теплота химической реакции. Закон Гесса. Применение первого и второго законов термодинамики к химическим реакциям. Зависимость максимальной теплоты химической реакции от температуры и константы равновесия, максимальной работы химической реакции – от температуры.	8
22	4	РАЗДЕЛ 22 Понятие о термодинамике необратимых процессов	Основы теории Онсагера. Применение теории Онсагера к анализу теплотехнических процессов	8
ВСЕГО:				114

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	Техническая термодинамика: учебник для вузов	Кириллин В.А.	М.: Издательский дом МЭИ, 2008	Разделы 1-20 – стр. 3-496
2	Теплоэнергетика железнодорожного транспорта	Минаев Б.Н.	М.: ФГБОУ, 2013	Раздел 1-20 – стр. 6-97
3	Термодинамика и теплообмен (основы теории, задачи и расчётные соотношения)	Минаев Б.Н., Костин А.В., Воронова Л.А.	М.: МИИТ, 2013	Все разделы
4	Техническая термодинамика. Ч.1	Маханько М.Г.	М.: МИИТ, 1988	Разделы 1-12 – стр. 3-105
5	Техническая термодинамика. Ч.2	Маханько М.Г.	М.: МИИТ, 1988	Разделы 13-22 – стр. 6-109
6	Техническая термодинамика	В.И. Крутов, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; под ред. В.И. Крутова	М.: Высшая школа, 1991	Разделы 1-20 – стр. 3-380

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
7	Теплотехника	Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О.К. и др. Под ред. Баскакова А.П.	М.: Энергоатомиздат, 1982	Разделы 1-20 – все стр.
8	Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Теплотехника», «Термодинамика и теплопередача»	Воронова Л.А., Гусев Г.Б., Костин А.В.	М.:МИИТ, 2011	Разделы 1-20 – все стр.
9	Термодинамика и теплопередача.	Минаев Б.Н., Костин А.В., Фроликов И.И., Воронова Л.А.	М.:МИИТ, 2015	Все разделы
10	Техническая термодинамика и теплотехника	Мазур Л.С.	М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003	Раздел 20 – стр. 41-52

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)

При проведении учебных занятий по дисциплине «Техническая тер-модинамика» используются возможности программного обеспечения Microsoft Office

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

Основная лекционная аудитория, а также помещения лабораторий кафедры ТЖТ оборудованы мультимедийными комплексами. Кафедра располагает материально-технической базой, необходимой для проведения лабораторных работ по дисциплине «Техническая термодинамика».

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 термодинамических процессов в теплоэнергетических установках и системах. Для подготовки к практическим занятиям следует воспользоваться конспектом лекций, а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание физическим основам рассматриваемой дисциплины. Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов.