

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

**Кафедра теплотехники и
гидрогазодинамики
(ТТПД_ТЭФ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

**Кафедра теплотехники и
гидрогазодинамики (ТТПД_ТЭФ)**

наименование кафедры

Кулагин В.А.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНИЧЕСКАЯ
ТЕРМОДИНАМИКА**

Дисциплина Б1.О.17 Техническая термодинамика

Направление подготовки /
специальность

Направленность
(профиль)

Форма обучения

Год набора

очная

2021

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

130000 «ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

13.03.01.31 Теплоэнергетика и теплотехника

Программу
составили

к.т.н., доц., Радзюк А.Ю.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Термодинамика имеет большое общеобразовательное значение для студентов всех специальностей. Особое значение имеет термодинамика для студентов направления-140100 Теплоэнергетика и теплотехника, поскольку она является теоретической основой для изучения большинства специальных курсов.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Для установления наиболее рациональных способов использования теплоты, преобразования ее в механическую работу, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок, умелого комбинирования этих процессов и создания новых, наиболее современных типов тепловых агрегатов и теплосиловых установок необходимы глубокие знания технической термодинамики.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ОПК-3:Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина является базовой

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Гидрогазодинамика

Котельные установки

Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Тепломассообмен

Технологические энергоносители промышленных предприятий

Безопасность жизнедеятельности

Энергетические балансы промышленных предприятий

Электрооборудование промышленных предприятий

Источники и системы теплоснабжения промышленных

предприятий

Тепловые двигатели и нагнетатели

Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий

Технологическая практика (выездная)

Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки

Защита окружающей среды

Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике

Энергоаудит на промышленном предприятии

Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии

Основы эксплуатации, монтажа и ремонта теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий

Преддипломная практика

Пуско-наладочные и режимно-наладочные работы на теплоэнергетическом оборудовании промышленных предприятий

Тепловые электрические станции промышленных предприятий

Теплоэнергетические системы и тепловые балансы промышленных предприятий

Энергетические системы жизнеобеспечения

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		4	5
Общая трудоемкость дисциплины	8 (288)	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	3 (108)	1,5 (54)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы			
лабораторные работы	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	4 (144)	2,5 (90)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Термодинамика идеального газа. Второй закон термодинамики.	10	18	18	90	
2	Реальные газы и пары. Водяной пар. Влажный воздух. Термодинамика потока. Дросселирование.	12	6	6	22	
3	Компрессоры. Газовые циклы. Циклы паротурбинных установок. Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок	8	6	6	12	

4	Методы непосредственного преобразования теплоты в электроэнергию. Циклы трансформаторов теплоты. Холодильные и теплонаносные установки. Элементы химической термодинамики.	6	6	6	20	
Всего		36	36	36	144	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Термодинамика и ее метод. Параметры состояния. Термодинамическая система.	1	0	0
2	1	Уравнение состояния идеального газа. Универсальная и удельная газовая постоянная.	1	0	0
3	1	Термодинамический процесс. Теплота и работа, внутренняя энергия. Закон сохранения и превращения энергии. Аналитическое выражение работы процесса. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия.	1	0	0

4	1	Теплоемкость. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости. Истинная и средняя теплоемкость. Свойства теплоемкости идеального газа. Связь между изохорной и изобарной теплоемкостями идеального газа. Эмпирические формулы для теплоемкостей идеального газа.	1	0	0
5	1	Смеси идеальных газов. Теплоемкость газовых смесей.	1	0	0
6	1	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы с идеальным газом. Политропные процессы и их анализ.	1	0	0
7	1	Круговые термодинамические процессы, или циклы. Прямые и обратные циклы. Термический КПД, коэффициент трансформации теплоты, холодильный коэффициент.	1	0	0
8	1	Второй закон термодинамики. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия. Пределы применения второго закона термодинамики.	1	0	0

9	1	Цикл Карно и его термический КПД. Теорема Карно. Регенеративный цикл. Влияние необратимости на процесс преобразования теплоты в работу.	1	0	0
10	1	Эксергия как мера работоспособности. Эксергия теплоты. Потери эксергии в необратимых процессах. Эксергический КПД.	1	0	0

11	2	<p>Дифференциальные соотношения термодинамики. Термические коэффициенты и связь между ними. Зависимость изобарной и изохорной теплоемкостей от объема и давления. Связь между изобарной и изохорной теплоемкости для веществ с любыми свойствами. Условия термодинамического равновесия. Термодинамические свойства реальных веществ. Опыт Эндрюса. Критическая точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов. Двухфазные системы. Условия равновесия при фазовом переходе. Парообразование и конденсация. Теплота фазового перехода. Плавление. Сублимация. Тройная точка. Аномалия воды. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Зависимость теплоты парообразования от температуры насыщения. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Фазовые диаграммы p-T, p-v, T-s, h-s. Степень сухости. Удельный объем, энтальпия, энтропия жидкости, сухого насыщенного и перегретого пара. 10</p> <p>Сверхкритическая область состояний пара. Таблицы термодинамических свойств воды и</p>	4	0	0
----	---	--	---	---	---

12	2	<p>Влагосодержание влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Газовая постоянная и плотность влажного воздуха. Энтальпия влажного воздуха. h-d диаграмма влажного воздуха. Температура мокрого термометра. Смешивание влажного воздуха.</p> <p>Уравнение первого закона термодинамики для потока. Уравнение неразрывности потока. Располагаемая работа. Адиабатное течение. Сопло и диффузор. Скорость истечения газа (пара) и расход при истечении из суживающегося сопла. Максимальный расход и критическая скорость истечения. Критическое отношение давлений. Скорость звука. Зависимость скорости и расхода от отношения давлений.</p> <p>Условия перехода скорости потока через скорость звука.</p> <p>Комбинированное сопло Лавая.</p> <p>Истечение с учетом необратимости. Коэффициент скорости и расхода. Принцип обращения воздействия.</p> <p>Понятие о тепловом, механическом и расходном соплах.</p> <p>Течение с трением. Течение по длинным трубам.</p> <p>Смещение потоков газов.</p> <p>Дросселирование. Уравнение процесса,¹¹ условное изображение процесса дросселирования в h-s диаграмме. Потеря</p>	4	0	0
----	---	---	---	---	---

13	2	Влажный воздух. Истечение из сужающихся и комбинированных сопл. Дросселирование. Потеря эксергии при дросселировании. Смещение потоков.	4	0	0
----	---	---	---	---	---

14	3	<p>Компрессоры. Виды и назначение компрессоров. Работа, затрачиваемая на привод одноступенчатого поршневого компрессора. Вредное пространство. Объемный КПД компрессора. Преимущества многоступенчатого сжатия. Оптимальное распределение перепада давления по ступеням многоступенчатого компрессора. Теоретическая индикаторная диаграмма и ее изображение в $p-v$ и $T-s$ координатах. Отводимая теплота. Необратимое адиабатное сжатие в компрессоре. Центробежные компрессоры. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Цикл с изохорным подводом тепла (цикл Отто). Цикл с изобарным подводом тепла (цикл Дизеля). Цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера). Сравнение термических КПД циклов ДВС. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Принципиальная схема и цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты. Термический КПД цикла. Методы повышения термического КПД ГТУ.</p>	4	0	0
----	---	--	---	---	---

15	3	<p>Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ). Идеальный цикл ПТУ (цикл Ренкина) в координатах $p-v$, $T-s$, $h-s$. Работа турбины. Работа затрачиваемая на привод питательного насоса. Расчет теплоты подведенной и отведенной в цикле. Термический КПД цикла ПТУ. Методы повышения термического КПД ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Действительный цикл с необратимым адиабатным расширением пара в турбине. Абсолютный эффективный КПД ПТУ. Удельные расходы пара и топлива. Промежуточный (вторичный) перегрев пара. Причины применения промежуточного перегрева пара. Принципиальная схема установки с промежуточным перегревом. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара. Регенеративные циклы. Регенеративный подогрев питательной воды. Предельная регенерация. Схема установки с регенеративными отборами пара. Смешивающие и поверхностные подогреватели питательной воды. 14</p> <p>Изображение регенеративных циклов в координатах $p-v$, $T-s$. Термический КПД регенеративного цикла.</p>	4	0	0
----	---	--	---	---	---

16	4	Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Холодильные установки. Схема и цикл воздушной холодильной установки. Термодинамические свойства рабочих тел пароконденсационных трансформаторов тепла. Схема, цикл и холодильный коэффициент пароконденсационной холодильной установки. Схема и принцип работы абсорбционной и парожетторной холодильных установок. Принципы действия теплового насоса. Методы сжижения газов.	2	0	0
17	4	Термохимия. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Константы равновесия и степень диссоциации. Тепловой закон Нернста.	2	0	0
18	4	Схема, цикл и КПД магнитодинамической установки (МГДУ). Термоэлектрические и термоэмиссионные преобразователи. Термодинамические основы преобразования энергии в топливных элементах.	2	0	0
Итого			26	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

			Объем в акад. часах		
--	--	--	---------------------	--	--

			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Параметры. Уравнение состояния идеального газа.	2	0	0
2	1	Первый закон термодинамики.	3	0	0
3	1	Теплоемкость.	3	0	0
4	1	Расчет максимальной полезной работы; определение потерь работоспособности системы; определение изменения энтропии термодинамической системы.	2	0	0
5	1	Характеристические функции. Внутренняя энергия, энтропия, свободная энергия (изохорно-термический потенциал) и свободная энергия (изобано- изотермический потенциал).	2	0	0
6	1	Процессы в идеальном газе. Смеси идеальных газов.	3	0	0
7	1	Цикл Карно.	3	0	0
8	2	Водяной пар. Таблицы и фазовые диаграммы водяного пара. Термодинамическое состояние водяного пара. Процессы изменения состояния водяного пара.	6	0	0

9	3	Компрессоры. Многоступенчатое сжатие. Расчет циклов ДВС. Расчет циклов ГТУ. Расчет цикла Ренкина. Расчет цикла с вторичным перегревом пара. Расчет регенеративных циклов. Расчет теплофикационных циклов. Расчет комбинированных циклов. Сравнение термических КПД обратимых циклов.	6	0	0
10	4	Расчет цикла магнетогидродинамической установки. Расчет циклов холодильных, воздушных и пароконденсаторных установок. Расчет теплового насоса. Термодинамика химических реакций.	6	0	0
Всего			12	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Лабораторная работа №1. Определение изобарной теплоемкости воздуха.	6	0	0
2	1	Лабораторная работа №2. Исследование зависимости давления насыщенного водяного пара от его температуры статическим методом	6	0	0
3	1	Лабораторная работа №2. Определение соотношения изобарной и изохорной теплоемкости воздуха	6	0	0

4	2	Лабораторная работа №4. Влажный воздух. Лабораторная работа №5 Дросселирование. Эффект Джоуля – Томсона.	6	0	0
5	3	Анализ необратимых циклов методом коэффициентов полезного действия. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах. Эксергетический метод расчета потерь работоспособности.	6	0	0
6	4	Лабораторная работа №5. Исследование цикла парокомпрессионной холодильной установки.	6	0	0
Итого			26	0	0

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Истягина Е. Б., Радзюк А. Ю.	Численные методы моделирования теплотехнологических процессов: учеб.- метод. пособие [для студентов напр. 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника»]	Красноярск: СФУ, 2013

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Сапожников С. З., Китанин Э. Л.	Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов	Санкт- Петербург: Изд- во СПбПУ, 2003

Л1.2	Нащокин В. В.	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для студентов неэнерг. спец. ВУЗов	Москва: Аз-book, 2008
Л1.3	Нащокин В.В.	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для вузов	Москва: Аз-book, 2008
Л1.4	Видин Ю. В., Кзаков Р. В., Колосов В. В	Теоретические основы теплотехники. Теплообмен: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 140100 "Теплоэнергетика и теплотехника"	Красноярск: СФУ, 2015
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Крутов В. И., Исаев С. И., Кожин И. А., Козлов В. И., Крутов В. И.	Техническая термодинамика: учебник для машиностроит. спец. вузов	Москва: Высшая школа, 1991
Л2.2	Зубарев В. Н., Александров А. А., Охотин В. С.	Практикум по технической термодинамике: учебное пособие для теплоэнергетических специальностей вузов	Москва: Энергоатомиздат, 1986
Л2.3	Видин Ю. В., Привалов А. М.	Теоретические основы теплотехники. Термодинамика: справ. пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Истягина Е. Б., Радзюк А. Ю.	Численные методы моделирования теплотехнологических процессов: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника»]	Красноярск: СФУ, 2013

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Электронная научная библиотека СФУ	http://bik.sfu-kras.ru/
----	------------------------------------	---

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа студентов регламентируется графиком учебного процесса и самостоятельной работы. По данной дисциплине учебным планом предусмотрена самостоятельная работа – на изучение разделов теоретического цикла, решение индивидуальных задач,

подготовку и защите лабораторных работ. Для реализации самостоятельной работы по перечисленным позициям необходимо изучить приведенные учебно-методические материалы по дисциплине.

Итоговый экзамен по дисциплине есть результат выполнения всех заданий, защит лабораторных работ, а также посещения аудиторных занятий.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Наличие комплекта программного обеспечения, в состав которого входят программы Microsoft Office
-------	---

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	оступ к информационно- образовательной среде СФУ для возможности просмотра учебных планов, рабочих программ дисциплин,
9.2.2	учебно-методической литературы.Электронно-библиотечная система обеспечивает необходимый доступ обучающихся к современным базам данных и ЭОР СФУ.

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Аудитория с интерактивной доской. Лабораторные стенды