

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

2020

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, поскольку 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
ИД-1:Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа
ИД-2:Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем
ИД-3:Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем
ИД-4:Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений
ИД-5:Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
ИД-6:Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы
ИД-7:Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках

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-Клаузиса. 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 Лаваля.</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 парокомпрессорных установок. Расчет теплового насоса. Термодинамика химических реакций.	6	0	0
Итого			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