

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Электротехника и теплоэнергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА» (Б1.0.18)
для направления подготовки 13.03.01
«Теплоэнергетика и теплотехника»
профиля «Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры
«Электротехника и теплоэнергетика»
Протокол № 4 от «05» декабря 2024 г.

Заведующий кафедрой
«Электротехника и теплоэнергетика»
«05» декабря 2024 г.

К.К. Ким

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
«05» декабря 2024 г.

М.Ю. Кудрин

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика» (Б1.О.18) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (далее – ФГОС ВО), утвержденного «28» февраля 2018 г., приказ Минобрнауки России № 143.

- 16.065 Профессиональный стандарт «Специалист в области проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов и малых теплоэлектроцентралей». Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.02.2021 № 39н, регистрационный номер 718); 16.149 Профессиональный стандарт «Специалист по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха объектов капитального строительства» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.04.2021 № 251н, регистрационный номер 1176).

Целью дисциплины является изучение закономерностей взаимного превращения теплоты и механической энергии в термодинамических системах, а также подготовка специалистов к решению теплотехнических задач в области их профессиональной деятельности.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- Изучить основные законы, термодинамические процессы, виды и способы передачи тепловой энергии;
- Дать знания по основам математического моделирования теплотехнических задач и способах их решения;
- Изучить устройство и принципы работы двигателей внутреннего сгорания;
- Освоить методы динамического и теплового расчёта двигателей внутреннего сгорания;
- Получить знания об устройстве и принципе работы газотурбинных, паросиловых и холодильных установок;
- Изучить свойства термодинамических систем при различных химических реакциях и превращениях.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

В рамках изучения дисциплины (модуля) осуществляется практическая подготовка обучающихся к будущей профессиональной деятельности. Результатом обучения по дисциплине является формирования у обучающихся практических навыков:

- решение термодинамических задач в профессиональной деятельности;
- освоение основ термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности;
- умение осуществлять термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-2. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	
ОПК- 2.1.1. Знает соответствующий физико- математический аппарат для решения профессиональных задач	Обучающийся <i>знает</i>: - основные законы термодинамики и термодинамических процессов; - основные понятия теплоемкости газа, внутренней энергии, работы и теплоты; - основные определения и характеристики водяного пара и влажного воздуха; - особенности и закономерности истечения газов и паров через сопла и диффузоры. - классификации систем и химических реакций - как систематизировать и определять характер термодинамических процессов, для решения задач профессиональной деятельности - Основные понятия о работе тепловых циклов, а также воздушных, парожеткорных, абсорбционных холодильных установок. - термодинамические основы тепловых цмклов, особенности тепловых циклов и их преимущества и недостатки; - особенности выбора рабочих тел составления теплового баланса и -как определить термический к.п.д. паросиловых установок. - как проводить оценку эффективности и эксергетический анализ циклов паросиловых и холодильных

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части/части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Модуль	
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий)	160	112	48
В том числе:			
- лекции (Л)	48	32	16
- лабораторные работы (ЛР)	48	48	-
- практические занятия (ПЗ)	64	32	32
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	92	32	60
Контроль	72	36	36
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Э, КР, Э	Э	КР, Э
Общая трудоемкость: час / з.е.	324/9	180/5	144/4

Для заочной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Модуль	
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий)	40	28	12
В том числе:			
- лекции (Л)	12	8	4
- лабораторные работы (ЛР)	12	12	-
- практические занятия (ПЗ)	16	8	8
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	266	143	123
Контроль	18	9	9
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Э, КР, Э	Э	КР, Э
Общая трудоемкость: час / з.е.	324/9	180/5	144/4

Примечания: «Форма контроля» – экзамен (Э), зачет (З), зачет с оценкой (З), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)).*

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
Модуль 1			
1	Параметры состояния. Газовые смеси.	Лекция Понятие об идеальном газе. Параметры состояния рабочего тела: давление, единицы измерения давления в различных системах единиц; удельный объем и плотность; температура и температурные шкалы, эмпирическая и абсолютная температуры. Термическое уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная. Универсальная газовая постоянная.	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Газовые смеси. Способы задания газовых смесей. Газовая постоянная смеси. Кажущаяся молекулярная масса смеси. Таблица перевода параметров. Теплоемкость газовых смесей.	
		Лабораторная работа Приборы для измерения давления. Тарировка манометра.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Параметры состояния рабочего тела. Уравнение состояния идеального газа.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
2	Теплоемкость газа, внутренняя энергия. Работа и теплота.	Лекция Теплоемкость удельная, объемная и мольная. Средняя и истинная теплоемкости газа, формулы для их вычисления. Зависимость теплоемкости от способа подвода теплоты. Показатель адиабаты. Уравнение Майера. Понятие о внутренней энергии. Закон Джоуля. Работа газа и теплота как принципиально различные формы передачи энергии.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Приборы для измерения температуры. Тарировка ХА-термопары	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике- Газовые смеси. Теплоемкость. Работа	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
3	Первый закон термодинамики.	Лекция Принцип эквивалентности теплоты и работы. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Понятие об энтальпии, физический смысл и математическое выражение. Первый закон термодинамики и энтальпия. Понятие о технической работе. Приведенная теплота и её определение, энтропия. Некоторые приложения первого закона термодинамики.	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Лабораторная работа Определение давления с помощью пневмоторубки.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Первый закон термодинамики.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
4	Термодинамические процессы.	Лекция Определения процессов равновесных и неравновесных, метод исследования процессов, р-V и Т-S диаграммы для изображения процессов. Изопараметрические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, изоэнтропийный (адиабатный). Политропный процесс. Вывод уравнения политропного процесса, определение показателя политропы и теплоемкости газа. Анализ политропных процессов, частные случаи политропного процесса.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение показателя адиабаты воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Термодинамические процессы газа: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
5	Водяной пар.	Лекция Основные определения. р-V Диаграмма парообразования, пограничные кривые. Основные параметры воды на линии насыщения и сухого насыщенного пара. Влажный насыщенный водяной пар. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Перегретый пар, основные параметры. Энтропия воды и водяного пара. Т-S диаграмма парообразования. Таблицы водяного пара. H-S диаграмма. Основные процессы изменения состояния водяного пара.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Проверка температурной шкалы Кельвина.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Таблицы термодинамических свойств воды на линии насыщения и сухого насыщенного пара. Таблицы свойств перегретого пара. H-S	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		диаграмма водяного пара. Термодинамические свойства водяного пара.	
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
6	Влажный воздух.	Лекция Основные определения и характеристики. Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха. Н-d диаграмма влажного воздуха. Основные способы отработки влажного воздуха и их изображение на Н-d диаграмме.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение параметров влажного воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Н-d диаграмма влажного воздуха. Процессы обработки влажного воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
7	Течение газов и паров, скорость звука.	Лекция Особенности и закономерности истечения газов и паров через сопла и диффузоры. Определение скорости истечения и секундного расхода. Критическая скорость, критическое отношение давлений, максимальный секундный расход. Истечение газа и пара через суживающиеся сопла, сопла с косым срезом. Истечение пара. Комбинированные сопла. Влияние на истечение внутренних сопротивлений. Понятие о температуре торможения.) Процесс дросселирования газа и пара. Эффект Джоуля-Томсона. Температура инверсии	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Изучение реального газа.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Истечение из суживающегося сопла, истечение из комбинированного сопла.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
8	Второй закон термодинамики.	Лекция Формулировки второго закона. Исследование Карно. Понятие о циклах. Основные особенности циклов. Цикл Карно прямой. Термический к.п.д. цикла Карно, его анализ. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент. Общие свойства обратимых и необратимых циклов. Интеграл Клаузиуса. Энтропия. Анализ графиков основных процессов в T-S координатах. Понятие об эксергии. Применение эксергетического метода исследования для определения термодинамической эффективности процессов.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение изменения энтропии при кристаллизации олова.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Первый закон термодинамики.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
9	Процесс сжатия воздуха в компрессоре.	Лекция Одноступенчатый компрессор, работа сжатия при изотермическом, адиабатном и политропном процессах. Многоступенчатый компрессор, основные условия работы. Турбокомпрессор.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Исследование работы паро-механической форсунки.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование термодинамических процессов в компрессорных установках	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
10	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Лекция Классификация циклов, их параметры. Условия работы двигателей, определение параметров в характерных точках, вывод выражения термического к. п. д. цикла и его анализ. Циклы при изохорном, изобарном и	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		смешанном подводах теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания.	
		Лабораторная работа Определение удельной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
Модуль 2			
11	Циклы газотурбинных установок.	Лекция Классификация и схемы. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты, термический к. п. д., его анализ. Цикл ГТУ с регенерацией, а также со ступенчатым сгоранием топлива и многоступенчатым сжатием воздуха. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Сравнение циклов. Методы повышения термического к.п.д. ГТУ.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
12	Циклы паросиловых установок.	Лекция Основные положения. Цикл Карно для водяного пара. Основной цикл паросиловой установки — цикл Ренкина. Термический к.п.д. цикла Ренкина, способы его повышения. Влияние на термический к.п.д. цикла параметров пара. Цикл с вторичным перегревом пара, его термический к.п.д. Термодинамические основы теплофикации, особенности теплофикационных циклов и преимущества. Оценка эффективности. Эксергетический анализ. Регенеративный цикл паросиловой установки. Особенности составления. Цикл с вторичным перегревом пара, его термический к.п.д. Термодинамические основы теплофикации, особенности теплофикационных циклов и преимущества. Регенеративный цикл паросиловой установки. Особенности составления теплового баланса. Термический к.п.д. Бинарные циклы.	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Выбор рабочих тел, термический к.п.д.	
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
13	Циклы холодильных установок.	Лекция Основные понятия о работе, холодильный коэффициент. Циклы воздушных, паро-эжекторных, абсорбционных холодильных установок. Паровой компрессорный цикл. Глубокое охлаждение. Тепловой насос.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Анализ термодинамических процессов в циклах холодильных установок.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
14	Химическая термодинамика.	Лекция Классификация систем и химических реакций. Основное уравнение первого закона термодинамики, максимальная теплота. Закон Гесса. Второй закон термодинамики, химическое равновесие. Тепловая теорема Нернста и её следствия.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
Модуль 1			
1	Параметры состояния. Газовые смеси.	Лекция Понятие об идеальном газе. Параметры состояния рабочего тела: давление, единицы измерения давления в различных системах единиц; удельный объем и плотность; температура и температурные шкалы, эмпирическая и абсолютная температуры. Термическое уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная. Универсальная газовая	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		постоянная. Газовые смеси. Способы задания газовых смесей. Газовая постоянная смеси. Кажущаяся молекулярная масса смеси. Таблица перевода параметров. Теплёмкость газовых смесей.	
		Лабораторная работа Приборы для измерения давления. Тарировка манометра.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Параметры состояния рабочего тела. Уравнение состояния идеального газа.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
2	Теплёмкость газа, внутренняя энергия. Работа и теплота.	Лекция Теплёмкость удельная, объёмная и мольная. Средняя и истинная теплёмкости газа, формулы для их вычисления. Зависимость теплёмкости от способа подвода теплоты. Показатель адиабаты. Уравнение Майера. Понятие о внутренней энергии. Закон Джоуля. Работа газа и теплота как принципиально различные формы передачи энергии.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Приборы для измерения температуры. Тарировка ХА-термопары	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике-Газовые смеси. Теплёмкость. Работа	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
3	Первый закон термодинамики.	Лекция Принцип эквивалентности теплоты и работы. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Понятие об энтальпии, физический смысл и математическое выражение. Первый закон термодинамики и энтальпия. Понятие о технической работе. Приведенная теплота и её определение, энтропия. Некоторые приложения первого закона термодинамики.	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Лабораторная работа Определение давления с помощью пневмоторубки.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Первый закон термодинамики.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
4	Термодинамические процессы.	Лекция Определения процессов равновесных и неравновесных, метод исследования процессов, p-V и T-S диаграммы для изображения процессов. Изопараметрические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, изоэнтروпийный (адиабатный). Политропный процесс. Вывод уравнения политропного процесса, определение показателя политропы и теплоемкости газа. Анализ политропных процессов, частные случаи политропного процесса.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение показателя адиабаты воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Термодинамические процессы газа: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
5	Водяной пар.	Лекция Основные определения. p-V Диаграмма парообразования, пограничные кривые. Основные параметры воды на линии насыщения и сухого насыщенного пара. Влажный насыщенный водяной пар. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Перегретый пар, основные параметры. Энтропия воды и водяного пара. T-S диаграмма парообразования. Таблицы водяного пара. H-S диаграмма. Основные процессы изменения состояния водяного пара.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Проверка температурной шкалы Кельвина.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Таблицы термодинамических свойств воды на линии насыщения и сухого насыщенного	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		пара. Таблицы свойств перегретого пара. H-S диаграмма водяного пара. Термодинамические свойства водяного пара.	
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
6	Влажный воздух.	Лекция Основные определения и характеристики. Абсолютная влажность, влагосодержание, относительная влажность. Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха. H-d диаграмма влажного воздуха. Основные способы отработки влажного воздуха и их изображение на H-d диаграмме.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение параметров влажного воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие H-d диаграмма влажного воздуха. Процессы обработки влажного воздуха.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
7	Течение газов и паров, скорость звука.	Лекция Особенности и закономерности истечения газов и паров через сопла и диффузоры. Определение скорости истечения и секундного расхода. Критическая скорость, критическое отношение давлений, максимальный секундный расход. Истечение газа и пара через суживающиеся сопла, сопла с косым срезом. Истечение пара. Комбинированные сопла. Влияние на истечение внутренних сопротивлений. Понятие о температуре торможения.) Процесс дросселирования газа и пара. Эффект Джоуля-Томсона. Температура инверсии	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Изучение реального газа.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Истечение из суживающегося сопла, истечение из комбинированного сопла.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
8	Второй закон термодинамики.	Лекция Формулировки второго закона. Исследование Карно. Понятие о циклах. Основные особенности циклов. Цикл Карно прямой. Термический к.п.д. цикла Карно, его анализ. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент. Общие свойства обратимых и необратимых циклов. Интеграл Клаузиуса. Энтропия. Анализ графиков основных процессов в T-S координатах. Понятие об эксергии. Применение эксергетического метода исследования для определения термодинамической эффективности процессов.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Определение изменения энтропии при кристаллизации олова.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Решение типовых задач по термодинамике. Первый закон термодинамики.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
9	Процесс сжатия воздуха в компрессоре.	Лекция Одноступенчатый компрессор, работа сжатия при изотермическом, адиабатном и политропном процессах. Многоступенчатый компрессор, основные условия работы. Турбокомпрессор.	ОПК- 2.1.1.
		Лабораторная работа Исследование работы паро-механической форсунки.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование термодинамических процессов в компрессорных установках	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
10	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Лекция Классификация циклов, их параметры. Условия работы двигателей, определение параметров в характерных точках, вывод выражения термического к. п. д. цикла и его анализ. Циклы при изохорном, изобарном и смешанном подводах теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания.	
		Лабораторная работа Определение удельной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
Модуль 2			
11	Циклы газотурбинных установок.	Лекция Классификация и схемы. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты, термический к. п. д., его анализ. Цикл ГТУ с регенерацией, а также со ступенчатым сгоранием топлива и многоступенчатым сжатием воздуха. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Сравнение циклов. Методы повышения термического к.п.д. ГТУ.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
12	Циклы паросиловых установок.	Лекция Основные положения. Цикл Карно для водяного пара. Основной цикл паросиловой установки — цикл Ренкина. Термический к.п.д. цикла Ренкина, способы его повышения. Влияние на термический к.п.д. цикла параметров пара. Цикл с вторичным перегревом пара, его термический к.п.д. Термодинамические основы теплофикации, особенности теплофикационных циклов и преимущества. Оценка эффективности. Эксергетический анализ. Регенеративный цикл паросиловой установки. Особенности составления. Цикл с вторичным перегревом пара, его термический к.п.д. Термодинамические основы теплофикации, особенности теплофикационных циклов и преимущества. Регенеративный цикл паросиловой установки. Особенности составления теплового баланса. Термический к.п.д. Бинарные циклы. Выбор рабочих тел, термический к.п.д.	ОПК- 2.1.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
13	Циклы холодильных установок.	Лекция Основные понятия о работе, холодильный коэффициент. Циклы воздушных, паро-эжекторных, абсорбционных холодильных установок. Паровой компрессорный цикл. Глубокое охлаждение. Тепловой насос.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Анализ термодинамических процессов в циклах холодильных установок.	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	
14	Химическая термодинамика.	Лекция Классификация систем и химических реакций. Основное уравнение первого закона термодинамики, максимальная теплота. Закон Гесса. Второй закон термодинамики, химическое равновесие. Тепловая теорема Нернста и её следствия.	ОПК- 2.1.1.
		Практическое занятие Исследование и построение цикла тепловых двигателей	ОПК- 2.1.1.
		Самостоятельная работа Обработка материалов лекций Изучение рекомендованной научно – технической литературы.	

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	СРС	Всего
1	Параметры состояния. Газовые смеси.	3	3	4	6	16
2	Теплоемкость газа, внутренняя энергия. Работа и теплота.	3	3	5	6	17
3	Первый закон термодинамики.	3	3	4	6	16
4	Термодинамические процессы.	3	3	4	6	16
5	Водяной пар.	4	3	5	6	18
6	Влажный воздух.	3	4	5	6	18
7	Течение газов и паров, скорость звука.	3	3	5	7	18
8	Второй закон термодинамики.	3	3	4	7	17

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	СРС	Всего
9	Процесс сжатия воздуха в компрессоре.	4	4	4	7	19
10	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	3	3	4	7	17
11	Циклы газотурбинных установок.	4	4	5	7	20
12	Циклы паросиловых установок.	4	4	5	7	20
13	Циклы холодильных установок.	4	4	5	7	20
14	Химическая термодинамика.	4	4	5	7	20
Итого		48	48	64	92	252
Контроль		72				
Всего (общая трудоемкость, час)		324				

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	СРС	Всего
1	Модуль 1	6	6	8	133	153
2	Модуль 2	6	6	8	133	153
Итого		12	12	16	266	306
Контроль		18				
Всего (общая трудоемкость, час)		324				

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры *«Лаборатория энергетических установок»* оборудованная необходимыми лабораторными установками, используемыми в учебном процессе:

- Лабораторный стенд "Установка для определения давления с помощью пневмотрубки";
- Лабораторный стенд "Установка для определения удельной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении";
- Лабораторный стенд "Установка для определения показателя адиабаты воздуха";
- Лабораторный стенд "Установка для определения параметров влажного воздуха";
- Лабораторный стенд "Установка для проверки температурной шкалы Кельвина";
- Лабораторный стенд "Установка для определения изменения энтропии при кристаллизации олова";
- Лабораторный стенд "Установка для изучения процессов реального газа.
- Лабораторный стенд "Установка для исследования теплоотдачи при пузырьковом кипении воды".

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.VU3».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный

ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru> / — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

– Профессиональные справочные системы Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно – технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cntd.ru/>, свободный – Загл. с экрана.

8.5 Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. В.А. Кириллилин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин "Техническая термодинамика" М.: Издательство МЭИ, 2008 г. – 496с.

2. А.П. Баскаков А.П. «Теплотехника» М.: Бастет, 2010г. – 325с.

3. И.Г. Киселев «Теплотехника на подвижном составе железных дорог» М.: УМЦ по оборудованию на ж.д. транспорте, 2008г. – 287с.

4. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. - 4-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1987 - 287 с.

5. Александров А.А. Расчет термодинамических процессов идеального газа. - М.: МЭИ, 1988-44с.

- список дополнительной учебной литературы:

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. «Техническая термодинамика», М. 2000 г.

2. Крутов В.И., Шишов В.Н. «Лабораторный практикум по технической термодинамике», М. 1998 г. - 216с

3. Сборник задач по технической термодинамике/ Т.Н. Андрианова и др. - 4-е изд. - М.: Издательство МЭИ. 2000 - 354 с.

4. Александров А.А., Григорьев. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара - М.: Издательство МЭИ, 1999 - 162 с

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

- Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

1. Профессиональные справочные системы Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно – технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cntd.ru/>, свободный – Загл. с экрана;

2. Электронно – библиотечная система ЛАНЬ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>. Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

4. Электронно – библиотечная система ibooks.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http:// ibooks.ru](http://ibooks.ru) – Загл. с экрана.

Разработчик программы, доцент
кафедры «Электротехника и
теплоэнергетика»

Д.В. Крылов

«05» декабря 2024 г.