

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

_____ А.М. Патрусова

_____ 19 мая _____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.10 Техническая термодинамика

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план **b130301_25_ЭОП.plx**

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **9 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Зачет 3, Контрольная работа 3, Экзамен 4

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		4 (2.2)		Итого	
Неделя	17		17			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34	68	68
Лабораторные	17	17	34	34	51	51
Практические	17	17	34	34	51	51
В том числе инт.	24	24	24	24	48	48
Итого ауд.	68	68	102	102	170	170
Контактная работа	68	68	102	102	170	170
Сам. работа	40	40	78	78	118	118
Часы на контроль			36	36	36	36
Итого	108	108	216	216	324	324

Программу составил(и):

к.т.н., зав.каф., Федяев П.А. _____

Рабочая программа дисциплины

Техническая термодинамика

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
утвержденного приказом ректора от 31.01.2025 № 61.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Энергетики

Протокол от 21.04.2025 г. № 9

Срок действия программы: 4 года

Зав. кафедрой Булатов Ю.Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В. _____ 28.04.2025 № 8

Ответственный за реализацию ОПОП _____ Булатов Ю.Н.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

№ регистрации _____ 25 _____

Визирование РПД для исполнения в учебном году

Председатель МКФ

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры

Энергетики

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 20__ г. № _____
Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Дать студентам знания о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов, термодинамических методах анализа замкнутых и разомкнутых теплотехнических процессов разного назначения и выработать практические навыки определения термодинамических характеристик процессов с одно- и двухфазными рабочими телами и теплоносителями постоянного и переменного состава.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.О.10
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Физика	
2.1.2	Гидрогазодинамика	
2.1.3	Учебная (ознакомительная) практика	
2.1.4	Математика	
2.1.5	Введение в специальность	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Производственная (технологическая) практика	
2.2.2	Тепломассообмен	
2.2.3	Производственная (эксплуатационная) практика	
2.2.4	Производственная (преддипломная) практика	
2.2.5	Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов	
2.2.6	Котельные установки и парогенераторы	
2.2.7	Источники теплоснабжения	
2.2.8	Физико-химические основы горения и топливо	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Энергосбережение	
2.2.11	Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем	
2.2.12	Тепломассообменное оборудование предприятий	
2.2.13	Нагнетатели и тепловые двигатели	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-3 : Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

ОПК-3.2: Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики

Знать: Законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, calorические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках.

Уметь: Термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

Владеть: Основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности.

ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

ОПК-4.4: Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений

Знать: Законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, calorические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках.

Уметь: Термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

Владеть: Основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности.

ОПК-4.5: Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

Знать: Законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, calorические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках.

Уметь: Термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

Владеть: Основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Индикаторы	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	Раздел 1. Первый закон и второй закон термодинамики						
1.1	Лек	Техническая термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Предмет и метод термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда. Равновесные и неравновесные состояния. Параметры состояния. Уравнение состояния, термодинамическая поверхность. Понятие теплового равновесия, первый закон термодинамики. Потенциалы и координаты термодинамических взаимодействий. Температура, энтропия. Первый закон термодинамики как закон сохранения энергии. Теплота, опыт Джоуля, эквивалентность теплоты и работы. Соотношения между единицами работы и тепла. Работа расширения как функция процесса. Внутренняя энергия как функция состояния. Понятие полного и неполного дифференциалов. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через внутреннюю энергию. Формулировки первого закона термодинамики. Теплота как функция процесса. Вечный двигатель первого рода. Энтальпия как функция состояния. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через энтальпию.	3	5	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа

1.2	Лек	Понятие идеального газа. Термическое уравнение состояния идеального газа. Закон Авогадро и его следствия. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Теплоемкость, истинная и средняя теплоемкость, C_p и C_v. Формула Майера. Молекулярно-кинетическая и квантовая теория теплоемкости. Основные термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный). Политропные процессы и их анализ. Таблицы термических и калорических свойств идеальных газов.	3	3	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
1.3	Лек	Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона. Термодинамические циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент. Прямые и обратные циклы. Цикл Карно и его термический КПД. Теорема Карно. Энтропия, интеграл Клаузиуса. T-S - диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в T,S - диаграмме. Таблицы энтропии идеальных газов. Изменение энтропии в необратимых процессах. Объединенное уравнение первого и второго законов для обратимых и необратимых процессов. Обратимость и производство работы (полезная работа, максимально полезная работа системы, тепла). Энтропия. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности. Метод КПД в анализе необратимых циклов. Сравнительный анализ методов. Основные математические методы. Соотношения Максвелла. Частные производные внутренней эксергии, энтропии, энтальпии, теплоемкости.	3	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Лекция-беседа

1.4	Пр	Система единиц измерения, переводные соотношения. Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Теплоемкость, энтальпия и внутренняя энергия газов в идеальном состоянии. Первый закон термодинамики, определение количества теплоты, работы, изменения внутренней энергии. Термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный.	3	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
1.5	Лаб	Изучение основных методов и средств измерения характеристик термодинамических систем.	3	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Работа в малых группах
1.6	Лаб	Определение газовой постоянной влажного воздуха.	3	3	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Работа в малых группах
1.7	Пр	Второй закон термодинамики. Изменение энтропии в термодинамических процессах. Т-S - диаграмма. Цикл Карно, его термический КПД	3	2	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	
1.8	Контр.раб	.	3	0	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
1.9	Ср		3	15	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	

1.10	Зачёт		3	0	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
	Раздел	Раздел 2. Реальные газы. Дросселирование. Истечение.						
2.1	Лек	Гомогенные и гетерогенные системы. Понятие стабильного, лабильного метастабильного состояний. Термодинамические условия равновесия при различных условиях взаимодействий системы с окружающей средой. Характеристические функции и взаимосвязь между ними. Закрытые и открытые системы, химический потенциал и его свойства для характеристики открытых систем.	3	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
2.2	Лек	Основные понятия и определения (парообразование, испарение, кипение, конденсация, сублимация, десублимация). Насыщенная жидкость, влажный пар, сухой насыщенный пар, перегретый пар, степень сухости. Закон Дальтона, способы задания состава смеси. Уравнение состояния смеси идеальных газов. Средняя молекулярная масса газовой смеси. Влажный воздух - основные понятия. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность, степень насыщения, точка росы. Энтальпия влажного воздуха. Температура мокрого термометра, психрометр. H, d - диаграмма, процессы во влажном воздухе.	3	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа

2.3	Лек	Условия термодинамической устойчивости. Устойчивость фаз. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовая Р,Т - диаграмма, характеристика точки фазовой диаграммы. Аномалия в поведении веществ. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Теплота фазового перехода. Фазовые переходы, "жидкость-пар", "твердое тело-жидкость", "твердое тело-пар". Изображение кривых фазовых равновесий двух и трехфазных областей в Р-V; Т-V; Т-S диаграммах. Свойства веществ на линии фазовых переходов. Двухфазные системы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальная форма уравнения состояния. Р, V, Р - зависимость реальных газов. Коэффициент сжимаемости. Метод термодинамического подобия.	3	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
2.4	Лек	Особенности Р-V - диаграммы водяного пара. Удельный объем, энтальпия, энтропия воды, влажного, сухого, насыщенного и перегретого пара.	3	2	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа

2.5	Лек	Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. T-S; h-S -диаграммы воды и водяного пара. Процесс дросселирования. Дифференциальный дроссель-эффект, температура инверсии, кривая инверсии. Физическая сущность эффекта Джоуля-Томсона. Интегральный дроссель-эффект. Адиабатное расширение реального газа. Потери эксергии в процессе адиабатного расширения. Потери эксергии при дросселировании. Расчет процесса дросселирования водяного пара в h,S - диаграмме. Основные уравнения истечения. Уравнение сплошности, движения, уравнение состояния. Уравнение первого закона для потока. Адиабатное течение, располагаемая работа. Скорость звука. Сопла, изменение скорости течения вдоль сопла. Истечение из суживающегося сопла. Расход газа при истечении из суживающегося сопла, максимальный расход, критическая скорость, скорость звука. Зависимость скорости и расхода от отношения начального и конечного давлений. Переход через скорость звука, число Маха. Комбинированное сопло Лаваля. Истечение реальных газов и паров. Расчет истечения с помощью h,S - диаграммы. Истечение с учетом необратимости.	3	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
2.6	Пр	Реальные газы. Уравнение состояния реального газа. Метод термодинамического подобия.	4	2	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1,5	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся

2.7	Пр	Свойства воды и водяного пара. Н-S и Т-S - диаграммы и процессы изменения состояния водяного пара и воды. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.	4	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1,5	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся
2.8	Пр	Смеси идеальных газов.	3	2	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся
2.9	Пр	Влажный воздух. Н-d - диаграмма влажного воздуха, процессы во влажном воздухе.	3	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.4 Э2	2	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся
2.10	Пр	Истечение и дросселирование газов и паров.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся

2.11	Лаб	Исследование процессов сжатия воздуха в поршневом компрессоре.	3	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Работа в малых группах
2.12	Лаб	Определение основных параметров влажного воздуха.	3	4			0	
2.13	Контр.раб		3	0	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
2.14	Ср		3	25	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
2.15	Зачёт		3	0	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
	Раздел	Раздел 3. Теплосиловые и холодильные циклы						
3.1	Лек	Основные положения и принцип действия. Цикл установки (цикл Ренкина). Цикл с насыщенным паром, представление цикла в P,V и T,S - диаграммах. Цикл с перегретым паром, представленный в P,V и T,S - диаграммах. Анализ циклов с насыщенным и перегретым паром.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Лекция-беседа

3.2	Лек	Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь. КПД паротурбинной установки. Удельные расходы пара и тепла. Регенеративные циклы. Схема регенеративного подогрева с отводом пара. Изображение цикла в T,S - диаграмме. Термический КПД регенеративного цикла. Основы теплофикации. Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его КПД. Схема бинарной ПТУ. Парогазовые циклы, их термический КПД. Циклы АЭС. Свойства теплоносителей АЭС. Цикл насыщенного пара. Циклы для высокотемпературных установок.	4	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
3.3	Лек	Газотурбинные установки - общие принципы действия. Цикл с изобарным подводом тепла (адиабатное и изотермическое сжатие). Термический КПД идеального цикла. Действительный цикл и его КПД. Методы повышения КПД циклов ГТУ. Цикл с регенерацией и изобарный подвод тепла (адиабатное и изотермическое сжатие). Многоступенчатое сжатие и многоступенчатый подвод тепла. Цикл с изохорным подводом тепла. Замкнутые циклы, рабочие тела замкнутых систем ГТУ.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа

3.4	Лек	Прямые и обратные циклы. Понятие горячего и холодного источника. Обратимые циклы. Среднетермодинамическая температура подвода и отвода тепла в цикле. Обратимые циклы, внешняя и внутренняя необратимость. Внутренний КПД цикла. Методы повышения КПД циклов - регенерация, ступенчатый подвод тепла, ступенчатый отвод тепла. Работа одноступенчатого компрессора. Индикаторная диаграмма. Изотермическое, адиабатное, политропное сжатие. Принцип применения многоступенчатого компрессора. Изображение в P, V и T, S - диаграммах процессов в компрессоре. Необратимое сжатие. Центробежный компрессор. Поршневые двигатели внутреннего сгорания, общие принципы действия. Индикаторная диаграмма. Циклы с изохорным, изобарным, смешанным подводом тепла. Анализ КПД циклов по средним температурам подвода и отвода тепла. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент. Схема и цикл воздушной холодильной установки. Термодинамические свойства рабочих тел пароконденсационных холодильных установок. Схема, цикл и холодильный коэффициент пароконденсационной установки. Цикл парожетторной установки. Схема и принцип работы абсорбционной установки. Цикл теплового насоса термотрансформатора. Методы сжижения газов.	4	8	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
3.5	Лек	Эксергия как мера работоспособности. Эксергия потока и тепла. Эксергия неподвижного рабочего тела. Эксергетические диаграммы. Эксергетический КПД. Эксергетический метод расчета потерь. Формула Гюи-Стодоль. Понятия эксергии и анергии.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Лекция-беседа

3.6	Лаб	Экспериментальное изучение процессов во влажном воздухе.	4	6	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	2	Работа в малых группах
3.7	Лаб	Тепловой баланс фреоновой холодильной машины.	4	6			2	Работа в малых группах
3.8	Лаб	Определение основных параметров циклов паротурбинных установок.	4	22	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.4 Э2	4	Работа в малых группах
3.9	Пр	Циклы паротурбинных установок. Комбинированные паровые и парогазовые циклы. Циклы газотурбинных установок. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы холодильных машин и тепловых насосов. Расчет и выбор элементов схемы парокомпрессионной холодильной установки при варьировании начальных параметров на ЭВМ.	4	22	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся
3.10	Пр	Сжатие газа в компрессоре, многоступенчатое сжатие.	3	3	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.4 Э2	3	Преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся
3.11	Контр.раб		3	0	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
3.12	Ср		4	41	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	

3.13	Экзамен		4	20	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
	Раздел	Раздел 4. Основы химической термодинамики. Основы термодинамики необратимых процессов.						
4.1	Лек	Два способа расчета термодинамических свойств гомогенных бинарных растворов. Растворимость и зона несмешиваемости. Объемные и тепловые эффекты растворения. Правило смешения и прямая смешения. Фазовые диаграммы Т-Н, Р-Н и Р,Т. Положение кривых конденсации и кипения при различных давлениях. Азеотропные растворы. Расчет фазовых равновесий. Коэффициенты активности компонентов. Построение h-Н и S-Н - диаграмм раствора. Термодинамические процессы с растворами (изобарные, адиабатного дросселирования, непрерывного парообразования, абсорбции и др.). Комбинированные процессы (дистилляция с дефлегмацией, ректификация). Расчеты процессов по диаграммам h-Н и S-Н.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	

4.2	Лек	Первый закон термодинамики в термехимии. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса и его следствия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Стандартный тепловой эффект. Второй закон термодинамики в термехимии. Закон действующих масс. Константа равновесия. Степень диссоциации. Термодинамические свойства диссоциирующих газов. Свободная энергия и изобарный потенциал. Химический потенциал. Уравнение максимальной работы Гиббса-Гельмгольца. Константа равновесия и максимальная работа реакции. Зависимость константы равновесия от давления и температуры. Влияние температуры на скорость химической реакции. Абсолютная энтропия. Стандартные значения термодинамических функций веществ.	4	4	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	1	Лекция-беседа
4.3	Ср		4	37	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
4.4	Экзамен		4	16	ОПК-4.4 ОПК-4.5 ОПК-3 .2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Традиционная (репродуктивная) технология (преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Текущий контроль

Текущим контролем успеваемости обучающихся является межсессионная аттестация – единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам/практикам.
Порядок проведения, содержание и особенности текущего контроля успеваемости представлены в разработанном Фонде оценочных средств для данной дисциплины.

6.2. Темы письменных работ

Цель работы: контрольная работа выполняется с целью закрепления знаний, полученных в процессе изучения дисциплины.

Тема: "Термодинамика"

Основная тематика: тематика контрольной работы связана с проработкой таких тем как: идеальный газ, сжатие газа (адиабатное, изотермическое, политропное), изучение процессов во влажном воздухе, циклы воздушной холодильной машины, истечение и дросселирование газов и паров, циклы газотурбинных установок, циклы паросиловой установки (цикл Ренкина).

Рекомендуемый объем работы: бакалаврам по учебному плану необходимо выполнить 1 контрольную работу.

6.3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета, экзамена.

Порядок проведения, содержание и критерии оценивания итоговой промежуточной аттестации представлены в Фонде оценочных средств для данной дисциплины.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы к зачету.

Экзаменационные вопросы.

Контрольная работа.

Отчеты по лабораторным работам.

Практические занятия.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.	Техническая термодинамика: Учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2008	15	
Л1. 2	Цирельман Н. М.	Техническая термодинамика: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2018	1	https://e.lanbook.com/book/107965
Л1. 3	Амирханов Д. Г., Амирханов Р. Д., Шевченко Е. И.	Техническая термодинамика: учебное пособие	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014	1	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428258
Л1. 4	Цирельман Н. М.	Техническая термодинамика: Учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2021	1	https://e.lanbook.com/book/176665

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Александров А.А.	Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: Учеб. пособие для вузов	Москва: МЭИ, 2004	15	
Л2. 2	Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.	Техническая термодинамика: Учебник	Москва: Энергоатомиздат, 1983	36	
Л2. 3	Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.	Техническая термодинамика: учебник	Москва: Энергия, 1974	36	

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 4	Зубарев В.Н., Александров А.А., Охотин В.С.	Практикум по технической термодинамике: Учебное пособие для вузов	Москва: Энергоатомиздат, 1986	19	
Л2. 5	Ривкин С.И., Александров А.А.	Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник	Москва: Энергоатомиздат, 1984	11	
Л2. 6	Александров А.А., Григорьев Б.А.	Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник	Москва: МЭИ, 2003	58	
Л2. 7	Федяев А.А., Федяева В.Н., Видин Ю.В.	Термодинамика: лабораторный практикум	Братск: БрГТУ, 2002	19	
Л2. 8	Федяев А.А., Федяева В.Н., Видин Ю.В.	Термодинамика: лабораторный практикум	Братск: БрГТУ, 2002	1	http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Федяев%20А.А.%20Термодинамика.2002.pdf

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Федяев А.А., Федяева В.Н.	Теоретические основы теплотехники. Термодинамика.: Методические указания	Братск: БрГУ, 2009	148	
Л3. 2	Федяева В.Н., Федяев А.А.	Термодинамика. Исследование процессов во влажном воздухе: Методические указания к выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2009	31	
Л3. 3	Латушкина С.В.	Теплотехника. Определение теплоемкости воздуха: методические указания к выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2012	93	
Л3. 4	Федяев А.А., Федяева В.Н.	Техническая термодинамика. Изучение основных методов и средств измерения характеристик термодинамических систем: методические указания по выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2013	51	
Л3. 5	Федяева В.Н., Федяев А.А.	Техническая термодинамика. Изучение процесса адиабатного истечения газа суживающее сопло: методические указания по выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2013	69	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная библиотека БрГУ	
Э2	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система	

7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
7.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC
7.3.1.4	Microsoft Windows (Win Pro 10)

7.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система
7.3.2.2	«Университетская библиотека online»
7.3.2.3	Электронный каталог библиотеки БрГУ
7.3.2.4	Электронная библиотека БрГУ
7.3.2.5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

7.3.2.6	Национальная электронная библиотека НЭБ		
7.3.2.7	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)		
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
1223	Лаборатория общей теплотехники	Основное оборудование: Автоматизированный стенд-тренажёр «Автономная система отопления», Лабораторная установка для изучения процессов во влажном воздухе, Лабораторная установка для изучения теплообмена при различных режимах кипения жидкости, Лабораторная установка для изучения теплообмена излучением, Лабораторная установка для исследования теплопередачи «труба в трубе», Стенд «Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом протока», Автоматизированный компьютеры Intel(P) Celer CPU 240 GHz/228 MB –3 шт.; Intel 2.6 GHz/RAM-512Mb, Лабораторная установка для определения коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции, Лабораторная установка для определения теплоёмкости (P=const), Учебный стенд «Определение коэффициента теплопроводности металла», Стенд лабораторный, Учебно-демонстрационный комплекс «Техническая термодинамика. Тепломассообмен». Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 14 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лаб
2201	читальный зал №1	Комплект мебели (посадочных мест) Стеллажи Комплект мебели (посадочных мест) для библиотекаря Выставочные шкафы ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung) (10шт.); принтер HP Laser Jet P2055D (1шт.)	Ср
1103	Лаборатория тепломассообменных процессов и установок/	Основное оборудование: Учебный стенд «Изучение холодильного оборудования», Дистиллятор ДЭ-4-2, Шкаф сушильный СНОЛ-2,4 2 шт, Печь муфельная ПМ-8, Сушильный шкаф СНОЛ 67/350 2 шт, Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 12 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лаб
1104	Лаборатория гидрогазодинамики	Основное оборудование: Стенд гидравлический ТМЖ-2, Лабораторная установка для «определение коэффициента внутреннего трения воздуха при разных температурах», Стенд «Турбина», Стенд «Насосная установка». Стенд «Механика жидкости», Стенд «Гидростатика», Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 12 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лаб
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лек
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Зачёт
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт.	Экзамен

		Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Пр

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Практические занятия, лабораторные работы реализуются в форме практической подготовки при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов заданий, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы.

Организация самостоятельной работы обучающихся зависит от вида учебных занятий:

- лекции

В процессе формирования конспекта лекций, обучающийся должен кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.

Самостоятельно осуществлять проверку терминов с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, лабораторном или практическом занятии.

- практические занятия

При подготовке к практическим занятиям обучающийся должен осуществлять работу с конспектом лекций (обобщение, систематизация, углубление и конкретизация полученных теоретических знаний), выработка способности и готовности их использования на практике. В процессе практических занятий у обучающегося формируется интеллектуальное умение, готовность к ответам на контрольные и дополнительные вопросы, навык работы с основной и дополнительной литературой, необходимой для освоения дисциплины и осуществляется выполнение заданий, решение задач, активное участие в интерактивной, активной, инновационной формах обучения, составление письменных отчетов.

- лабораторные работы

При подготовке к лабораторным работам обучающийся должен осуществлять работу с конспектом лекций (обобщение, систематизация, углубление и конкретизация полученных теоретических знаний), разработать план проведения работ и быть готовым к его реализации на практике.

- контрольная работа

При выполнении контрольной работы, обучающийся в полной мере должен работать с нормативной базой, учебной и методической литературой и другим источниками информации для обобщения, систематизации, углубления и конкретизации

полученных теоретических знаний. Обучающийся должен быть способен к применению полученных теоретических знаний и навыков на практике.

- самостоятельная работа обучающихся

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в теме/разделе. Конспектирование прочитанных литературных источников. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Выполнение заданий преподавателя, необходимых для подготовки к участию в интерактивной, активной, инновационных формах обучения по изучаемой теме.

- подготовка к зачету, экзамену

При подготовке к зачету, экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, использовать рекомендуемые ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».