

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ЭИТУС
канд. техн. наук, доц. Белоусов А.В.
2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Техническая термодинамика

Направление подготовки (специальность):

13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии
Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составители: канд. техн. наук, доц.

 (В.И. Онищук)

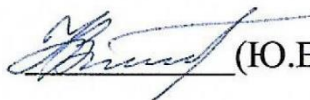
Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

Энергетики теплотехнологии

канд. техн. наук, доцент


 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель

канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные	ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.3. Анализирует теплофизические свойства рабочих тел и производит поиск оптимальных характеристик и параметров рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия и определения; - законы идеальных и реальных газов; - фазовые переходы и особенности изменения состояний фаз; - параметры состояния воды, водяного пара и воздуха; - основные термодинамические процессы идеальных и реальных газов; - процессы течения газов и жидкостей; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха; термодинамические процессы, содержащие нагреватель объемного действия; - исследовать истечение газа из дозвукового сопла; - рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализом теплофизических свойств рабочих тел; - способностью производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем.
		ОПК 3.4. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применяет их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - первый и второй закон термодинамики; - сущность круговых термодинамических процессов или циклов, цикл Карно; - эффекты дросселирования и машины для сжатия газов; - циклы паросиловых установок, холодильных машин, тепловых насосов и двигателей. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного

			<p>пара и влажного воздуха при изменении условий;</p> <p>-выполнять расчеты по определению энергетической эффективности тепловых насосов;</p> <p>- рассчитывать параметры работы теплотехнических установок и систем.</p> <p>теплофизические свойства рабочих тел.</p> <p>Владеть: пониманием основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применять их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.</p>
--	--	--	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Гидрогазодинамика
2	Техническая термодинамика
3	Тепломассообмен
4	Прикладная механика
5	Источники энергии теплоэнергетики
6	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	135	153
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	125	70	55
лекции	34	17	17
лабораторные	34	34	–
практические	51	17	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	6	2	4
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	163	65	98
Курсовой проект	–	–	–
Курсовая работа	–	–	–
Расчетно-графическое задание	–	–	–
Индивидуальное домашнее задание	18	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	109	56	53
Экзамен	36	–	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 3,4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 3					
1. Основные понятия и определения.					
	Предмет и метод термодинамики. Основные понятия и определения. Параметры состояния.	2	1	–	2
2. Процессы течения газов и жидкостей					
	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Основные уравнения процессов течения. Истечение из суживающихся сопл. Переход через скорость звука. Сопло Лавала. Адиабатное течение с трением. Температура адиабатного торможения.	–	–	8	8
3. Идеальный газ. Законы идеального газа					
	Уравнение состояния идеального газа. Физический смысл удельной газовой постоянной. Универсальная газовая постоянная. Понятие о смесях. Смеси идеальных газов.	2	3	–	4
4. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона					
	Дросселирование газов и паров. Дифференциальный дроссельный эффект. Потеря работоспособности водяного пара при дросселировании.	–	–	4	4
5. Теплоемкость газов					
	Понятие о теплоемкости. Температурные зависимости для истинной теплоемкости. Температурные зависимости для средней теплоемкости. Изобарная и изохорная теплоемкости.	2	2	4	7
6. Первый закон термодинамики					
	Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота – формы передачи энергии. Работа при изменении объема рабочего тела. Располагаемая работа. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия.	2	1	–	1
7. Основные термодинамические процессы идеальных газов					
	Процесс при постоянном объеме (изохорный). Процесс при постоянном давлении (изобарный). Процесс при постоянной температуре (изотермический). Процесс без теплообмена с внешней средой (адиабатный). Политропный процесс.	2	2	–	2
8. Циклы холодильных машин и тепловых насосов					

	Цикл воздушной холодильной машины. Цикл парокompрессионной холодильной установки. Принцип действия теплового насоса. Термодинамические основы работы парокompрессионной холодильной установки. Показатели энергетической эффективности тепловых насосов.	–	–	4	4
9. Второй закон термодинамики					
	Сущность второго закона термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые термодинамические процессы или циклы. Цикл Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики. Понятие об энтропии. Цикл Карно в T,s -диаграмме. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики.	2	3	–	3
10. Реальные газы					
	Отличие реальных газов от идеального. Уравнение состояния реальных газов.	1	1	–	1
11. Фазовые переходы					
	Понятия о фазах и фазовых переходах. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.	1	–	2	2
12. Водяной пар					
	Процесс парообразования при постоянном давлении. Основные параметры воды и водяного пара. T, s - диаграмма водяного пара. I, s - диаграмма водяного пара. Основные термодинамические процессы водяного пара.	2	3	8	12
13. Влажный воздух					
	Основные понятия. I, x - диаграмма влажного воздуха.	1	1	4	6
Итого		17	17	34	56
Семестр 4					
14. Процессы течения газов и жидкостей					
	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Основные уравнения процессов течения. Истечение из суживающихся сопел. Переход через скорость звука. Сопло Лавала. Адиабатное течение с трением. Температура адиабатного торможения.	3	4	–	6
15. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона					
	Дросселирование газов и паров. Дифференциальный дроссельный эффект. Потеря работоспособности водяного пара при дросселировании.	1	4	–	6
16. Машины для сжатия газа					
	Характеристики и типы компрессоров. Термодинамические процессы сжатия. Работа сжатия. КПД и мощность компрессора. Охлаждение газа в компрессоре. Расчет расхода воды на охлаждение. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Подача и мощность поршневого компрессора. Многоступенчатые поршневые компрессоры и допустимая степень сжатия.	3	4	–	6
17. Циклы паросиловых установок					
	Цикл Карно. Цикл Ренкина. Цикл Ренкина с перегревом пара. Зависимость термического КПД цикла Ренкина от параметров пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Теплофикационные циклы.	2	4	–	6

18. Циклы холодильных машин и тепловых насосов					
	Цикл воздушной холодильной машины. Цикл пароконпресссионной холодильной установки. Принцип действия теплового насоса. Термодинамические основы работы пароконпресссионной холодильной установки. Показатели энергетической эффективности тепловых насосов.	2	–	–	2
19. Циклы тепловых двигателей					
	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Циклы газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении. Циклы газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объеме.	2	4	–	6
20. Введение в эксергетический анализ					
	Понятие об эксергии. Эксергетический баланс. Виды эксергии. Эксергия вещества в замкнутом объеме. Термомеханическая эксергия вещества в потоке. Эксергия теплового потока. Эксергия излучения. Химическая эксергия. Эксергетический анализ циклов.	2	10	–	15
21. Основы химической термодинамики					
	Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Теплота химических реакций. Закон Гесса. Закон Кирхгофа. Применение второго закона термодинамики к химическим процессам. Понятие о термодинамике неравновесных процессов.	2	4	–	6
Итого		17	34	–	53
ВСЕГО		34	51	34	109

4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр №3				
1	Основные понятия и определения.	Параметры состояния тела	1	1
2	Идеальный газ. Законы идеального газа.	Идеальные газы и основные газовые законы.	3	3
3	Теплоемкость газов	Теплоемкость газов. Расчетное определение теплоемкости газов и их смесей	2	2
4	Первый закон термодинамики	Сущность первого закона термодинамики. Расчет задач по изменению внутренней энергии систем.	1	1
5	Основные термодинамические процессы идеальных газов	Характеристика термодинамических процессов. Определение изменения параметров газов при изменении условий в различных процессах.	2	2
6	Второй закон	Сущность второго закона	3	3

	термодинамики	термодинамики. Расчетное определение энтропии и максимально полезной работы при изменении условий процессов.		
7	Реальные газы	Определение состояния реальных газов графо-аналитическим методом.	1	1
8	Водяной пар	Определение изменения параметров водяного пара при изменяющихся условиях. Определение количества теплоты, затрачиваемой на получение перегретого пара с определенными параметрами.	3	3
9	Влажный воздух	Обучение работе с I,x - диаграммой. Определение изменения параметров влажного воздуха при изменяющихся условиях.	1	1
Семестр 4				
10	Процессы течения газов и жидкостей	Определение скоростных характеристик течения газов и жидкостей при изменении параметров истечения.	4	4
11	Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона	Определение изменения параметров пара в процессе дросселирования	4	4
12	Машины для сжатия газа	Расчеты параметров термодинамических процессов сжатия. Расчет располагаемой работы сжатия, мощности компрессоров, число ступеней компрессора, КПД.	4	4
13	Циклы паросиловых установок	Определение КПД различных циклов при изменении условий	4	4
14	Циклы тепловых двигателей	Определение параметров в характерных для цикла точках	4	4
15	Введение в эксергетический анализ	Расчет химической эксергии различных веществ	10	10
16	Основы химической термодинамики	Расчет тепловых эффектов, сопровождающих неравновесные процессы	4	4
ВСЕГО:			51	51

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Название лабораторной работы	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к лабораторным занятиям
1.	Теплоемкость газов	Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении	4	4
2.	Водяной пар	Экспериментальное определение теплоемкости жидкости	4	4
3	Водяной пар	Определение теплоты парообразования жидкости	4	4

4	Влажный воздух	Исследование процессов во влажном воздухе	4	4
5	Фазовые переходы	Определение удельных объемов жидкости, газов и паров	2	2
6	Процессы течения газов и жидкостей	Исследование истечения газа из дозвукового сопла	4	4
7	Процессы течения газов и жидкостей	Исследование работы нагнетательной установки	4	4
8	Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона	Экспериментальное определение температуры адиабатного торможения	4	4
9	Циклы холодильных машин и тепловых насосов	Экспериментальное построение цикла холодильной установки.	4	4
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Содержание индивидуального домашнего задания

Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ) предусмотрено для выполнения в 3-ем и 4-ом семестрах.

Целью ИДЗ в 3-ем семестре является самостоятельное решение 5 задач, выбранных преподавателем произвольно из 5 тем, рассматриваемых на практических занятиях. Самостоятельное решение задач обеспечит обучающемуся активизацию мыслительной деятельности и обеспечит успешное закрепление приобретаемых навыков выполнения теплотехнических расчетов.

Целью ИДЗ в 4-ом семестре является выполнение по типовым методикам самостоятельных расчетов, обеспечивающих обучающемуся приобретение практических навыков при определении теплофизических свойств рабочих тел вследствие изменения параметров, протекающих в различном теплотехническом оборудовании термодинамических процессов.

Пример содержания ИДЗ в 4-ом семестре:

1. Схема и описание теплотехнологической установки.
2. Расчет потерь работоспособности в каждом из элементов установки:
 - котлоагрегат;
 - паропровод;
 - турбогенераторная установка;
 - конденсатор;
 - тепловой насос.

Объем ИДЗ составляет 7-10 страниц формата А4, машинописного текста с параметрами Times New Roman, кегль 14.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

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

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-3.3. Анализирует теплофизические свойства рабочих тел и производит поиск оптимальных характеристик и параметров рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Экзамен, защита лабораторной работы, защита индивидуального домашнего задания
ОПК 3.4. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применяет их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей	

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия и определения.	1. Предмет и метод термодинамики. 2. Основные понятия и определения. 3. Параметры состояния.
2	Идеальный газ. Законы идеального газа	1. Приведите уравнение состояния идеального газа. 2. Каков физический смысл удельной газовой постоянной? 3. Что такое универсальная газовая постоянная? 4. Понятие о смесях. 5. Охарактеризуйте смеси идеальных газов.
3	Теплоемкость газов	1. Дайте понятие о теплоемкости. 2. Каковы температурные зависимости для истинной теплоемкости. 3. Каковы температурные зависимости для средней теплоемкости. 4. Что такое изобарная и изохорная теплоемкости? В чем различие?
4	Первый закон термодинамики	1. Закон сохранения и превращения энергии. 2. Что такое внутренняя энергия системы? 3. Работа и теплота – формы передачи энергии.

		<p>4. Работа при изменении объема рабочего тела.</p> <p>5. Что такое располагаемая работа?</p> <p>6. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.</p> <p>7. Что такое энтальпия?</p>
5	Основные термодинамические процессы идеальных газов	<p>1. Характеристика изохорного процесса.</p> <p>2. Характеристика изобарного процесса.</p> <p>3. Характеристика изотермического процесса.</p> <p>4. Характеристика адиабатного процесса.</p> <p>5. Характеристика политропного процесса.</p>
6	Второй закон термодинамики	<p>1. Сущность второго закона термодинамики.</p> <p>2. Обратимые и необратимые процессы. Отличия.</p> <p>3. Круговые термодинамические процессы или циклы.</p> <p>4. Цикл Карно.</p> <p>5. Математическое выражение второго закона термодинамики.</p> <p>6. Понятие об энтропии.</p> <p>7. Цикл Карно в T,s-диаграмме.</p> <p>8. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики.</p>
7	Реальные газы	<p>1. Отличие реальных газов от идеального.</p> <p>2. Уравнение состояния реальных газов.</p>
8	Фазовые переходы	<p>1. Понятия о фазах и фазовых переходах.</p> <p>2. Правило фаз Гиббса.</p> <p>3. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.</p>
9	Водяной пар	<p>1. Процесс парообразования при постоянном давлении.</p> <p>2. Основные параметры воды и водяного пара.</p> <p>3. T, s - диаграмма водяного пара.</p> <p>4. I, s - диаграмма водяного пара.</p> <p>5. Основные термодинамические процессы водяного пара.</p>
10	Влажный воздух	<p>1. Основные понятия.</p> <p>2. I, x - диаграмма влажного воздуха.</p>
11	Процессы течения газов и жидкостей	<p>1. Уравнение первого закона термодинамики для потока.</p> <p>2. Основные уравнения процессов течения.</p> <p>3. Истечение из суживающихся сопел.</p> <p>4. Переход через скорость звука.</p> <p>5. Что представляет собой сопло Лаваля?</p> <p>6. Адиабатное течение с трением.</p> <p>7. Как определяется температура адиабатного торможения?</p>
12	Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона	<p>1. Дросселирование газов и паров.</p> <p>2. Что такое дифференциальный дроссельный эффект?</p> <p>3. Почему и как происходит потеря работоспособности водяного пара при дросселировании?</p>
13	Машины для сжатия газа	<p>1. Характеристики и типы компрессоров.</p> <p>2. Термодинамические процессы сжатия. Работа сжатия.</p> <p>3. КПД и мощность компрессора.</p> <p>4. Охлаждение газа в компрессоре.</p> <p>5. Приведите расчет расхода воды на охлаждение.</p> <p>6. Для чего используется индикаторная диаграмма поршневого компрессора?</p>

		<p>7. Подача и мощность поршневого компрессора.</p> <p>8. Многоступенчатые поршневые компрессоры и допустимая степень сжатия.</p>
14	Циклы паросиловых установок	<p>1. Характеристика цикла Карно.</p> <p>2. Характеристика цикла Ренкина.</p> <p>3. Характеристика цикла Ренкина с перегревом пара.</p> <p>4. Зависимость термического КПД цикла Ренкина от параметров пара.</p> <p>5. Характеристика цикла Ренкина с промежуточным перегревом пара.</p> <p>6. Теплофикационные циклы.</p>
15	Циклы холодильных машин и тепловых насосов	<p>1. Охарактеризуйте цикл воздушной холодильной машины.</p> <p>2. Охарактеризуйте цикл парокомпрессионной холодильной установки.</p> <p>3. Принцип действия теплового насоса.</p> <p>4. Термодинамические основы работы парокомпрессионной холодильной установки.</p> <p>5. Показатели энергетической эффективности тепловых насосов.</p>
16	Циклы тепловых двигателей	<p>1. Характеристика цикла поршневых двигателей внутреннего сгорания.</p> <p>2. Характеристики циклов Отто, Дизеля и Тринклера.</p> <p>3. Циклы газотурбинных установок (ГТУ).</p> <p>4. Циклы газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении.</p> <p>5. Циклы газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объеме.</p>
17	Введение в эксергетический анализ	<p>1. Дайте понятие об эксергии.</p> <p>2. Что такое эксергетический баланс?</p> <p>3. Виды эксергии.</p> <p>4. Эксергия вещества в замкнутом объёме.</p> <p>5. Термомеханическая эксергия вещества в потоке.</p> <p>6. Эксергия теплового потока.</p> <p>7. Эксергия излучения.</p> <p>8. Химическая эксергия.</p> <p>9. Эксергетический анализ циклов.</p>
18	Основы химической термодинамики	<p>1. Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Теплота химических реакций. Закон Гесса. Закон Кирхгофа. Применение второго закона термодинамики к химическим процессам. Понятие о термодинамике неравновесных процессов.</p>

**5.2.2. Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта
Не предусмотрено учебным планом**

5.3. Типовые контрольные задания для защиты лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Содержание типовых заданий
1	Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое истинная и средняя теплоемкости? 2. Почему удельная изобарная теплоемкость больше удельной изохорной теплоемкости? 3. Как определить значения изобарной и изохорной теплоемкостей для идеального газа? 4. Что такое идеальный газ?
2	Определение параметров влажного воздуха	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определение основных характеристик влажного воздуха. 2. Почему температура «мокрого» термометра отличается от температуры «точки росы»? 3. Объясните принцип действия психрометра. 4. Объясните методику построения $h - d$ диаграммы. 5. Как определяются характеристик влажного воздуха с использованием $h - d$ диаграммы? 6. Как выполняется расчет газовой постоянной и плотности влажного воздуха? 7. Поясните закон Дальтона для газовой смеси.
3	Изучение термодинамических процессов в системе, содержащей нагнетатель объёмного действия.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как определяется работа сжатия в обратимых адиабатном и изотермических процессах? 2. Охарактеризуйте работы сжатия в реальном адиабатном процессе. 3. Как изображаются процессы сжатия в $T - S$ диаграмме? 4. Охарактеризуйте многоступенчатое сжатие в компрессоре. 5. Как выбрать оптимальное промежуточное давления при многоступенчатом сжатии? 6. Как теплоотвод влияет на величину работы в реальном процессе сжатия?
4	Исследование истечения газа из дозвукового сопла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приведите уравнение первого закона термодинамики для потока. 2. Приведите уравнение неразрывности для потока. 3. Что такое критический перепад давления? 4. Приведите уравнение для расчета скорости звука. 5. Охарактеризуйте реальный и идеальный процессы истечения. 6. Дайте характеристику сопла Лавала. 7. Назначение диффузора и его профиль.
5	Изучение принципиальной схемы и работы холодильной парокompрессорной установки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Охарактеризуйте процессы обратного цикла Карно. 2. Выведите формулу для расчета холодильного коэффициента обратного цикла Карно. 3. Охарактеризуйте основные отличия реального холодильного цикла от идеального цикла. 4. Изобразите реальный цикл в $T - S$ и $P - h$ диаграммах. 5. Как влияет разность температур $T_x - T_i$ и $T_k - T_g$ на величину холодильного коэффициента в реальной

		установке.
6	Экспериментальное определение температуры адиабатного торможения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие процессы называются адиабатными, изохорными, изотермическими и изобарными? 2. Изобразите на диаграммах «P-v» и «T-s» адиабатный, изотермический и изохорные процессы 3. Каким термодинамическим процессам соответствует нагнетание воздуха в сосуд, истечение его из сосуда (сброс давления) ? 4. Чему равен показатель адиабаты для двухатомных газов? 5. Что такое температура адиабатного торможения? 6. Как определяется температур адиабатного торможения?
7	Экспериментальное определение теплоемкости жидкости	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется теплоемкостью тела? 2. Что такое удельная теплоемкость? 3. Что такое мольная, объемная и массовая теплоемкость? Связь между этими величинами. 4. Понятие средней и истинной теплоемкости единицы количества вещества. 5. Дайте определение теплоемкости, удельной и молярной теплоёмкостей. 6. В каких единицах измеряются теплоёмкость, удельная и молярная теплоёмкости? 7. соотношения для определения этих величин. 8. Как определить изменение температуры тела массой 9. теплоемкостью c_p при известном количестве теплоты, полученном этим телом Q ? 10. В какой степени теплоемкости C_p и C_v жидкостей зависят от давления? 11. Можно ли теоретически определить теплоемкость жидкостей?

8	Определение теплоты парообразования жидкости	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как устроена лабораторная установка? Какие, как и с какой целью измеряются параметры в лабораторной работе? 2. На что тратится теплота, подводимая к воде калориметра? 3. Что такое водяной эквивалент калориметра? Зависит ли он от количества воды, залитой в калориметр? 4. Какие величины входят в формулу для расчета теплоты парообразования воды с помощью лабораторной установки? 5. Дайте определение понятию «теплота парообразования». Размерность теплоты парообразования? 6. Как зависит теплота парообразования от температуры и давления? Изобразите эти зависимости в координатах $r-T$ и $r-p$. 7. Когда и каким прибором измеряется максимальная температура воды в калориметре? Запишите аналитическое соотношение, из которого можно точно рассчитать эту температуру. 8. Покажите на $T-s$ диаграмме теплоту, подводимую к воде калориметра за счет охлаждения конденсата после отключения паропровода и конденсации остатков пара. Из какого уравнения можно рассчитать эту теплоту?
---	--	---

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета при защите курсового проекта используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

	Критерий оценивания
Знания	Знание основных понятий и определений, законов идеальных и реальных газов, фазовых переходов и особенностей изменение состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основных термодинамические процессов идеальных и реальных газов, процессов течения газов и жидкостей.
	Знание первого и второго законов термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов, цикла Карно, эффектов дросселирования и машин для сжатия газов, циклов паросиловых установок, холодильных машин, тепловых насосов и двигателей.
Умения	Умение определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащие нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел.
	Умение выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, определения энергетической эффективности тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойств рабочих тел.

Навыки	Владение анализом теплофизических свойств рабочих тел, способностью производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем.
	Владение пониманием основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применять их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных понятий и определений, законов идеальных и реальных газов, фазовых переходов и особенностей изменения состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основных термодинамические процессы идеальных и реальных газов, процессов течения газов и жидкостей.	Не знает основных понятий и определений, законов идеальных и реальных газов, фазовых переходов и особенностей изменения состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основных термодинамические процессы идеальных и реальных газов, течения газов, течения жидкостей. Не может охарактеризовать законы термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов различных теплотехнических машин и агрегатов.	Знает основные понятия и определения, законы идеальных и реальных газов, фазовые переходы и особенности изменения состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основные термодинамические процессы идеальных и реальных газов, течения газов и жидкостей. Затрудняется охарактеризовать законы термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов различных теплотехнических машин и агрегатов. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно и неполно.	Знает основные понятия и определения, законы идеальных и реальных газов, фазовые переходы и особенности изменения состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основные термодинамические процессы идеальных и реальных газов, течения газов и жидкостей. Правильно характеризует законы термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов различных теплотехнических машин и агрегатов. На дополнительные вопросы с незначительными неточностями.	Знает основные понятия и определения, законы идеальных и реальных газов, фазовые переходы и особенности изменения состояний фаз, параметров состояния воды, водяного пара и воздуха, основные термодинамические процессы идеальных и реальных газов, течения газов и жидкостей. Правильно характеризует законы термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов различных теплотехнических машин и агрегатов. На дополнительные вопросы отвечает грамотно и исчерпывающе.
Знание первого и второго законов термодинамики, сущности круговых термодинамических процессов или циклов, цикла Карно, эффектов дросселирования и машин для сжатия газов, циклов паросиловых установок, холодильных машин, тепловых насосов и двигателей.				

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
<p>Умение определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащиеся нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел.</p> <p>Умение выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, определения энергетической эффективности тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойства рабочих тел.</p>	<p>Не умеет определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащиеся нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел.</p> <p>Не может выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, определения энергетической эффективности тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойства рабочих тел.</p>	<p>Умеет определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащиеся нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел, но при этом допускает существенные ошибки.</p> <p>Может выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, определения энергетической эффективности тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойства рабочих тел, при этом допускает существенные ошибки.</p>	<p>Умеет определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащиеся нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел, но при этом допускает несущественные ошибки.</p> <p>Может выполнять расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, определения энергетической эффективности тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойства рабочих тел, при этом допускает несущественные ошибки.</p>	<p>Умеет определять теплоемкость воздуха, параметры влажного воздуха, исследовать термодинамические процессы, содержащиеся нагреватель объемного действия, исследовать истечение газа из дозвукового сопла, без ошибок рассчитывать теплофизические свойства рабочих тел.</p> <p>Грамотно выполняет расчеты изменения свойств газов, водяного пара и влажного воздуха при изменении условий, уверенно определяет энергетическую эффективность тепловых насосов, параметров работы теплотехнических установок и систем и теплофизические свойства рабочих тел.</p>

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение анализом теплофизических свойств рабочих тел, способностью производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем.	Не владеет анализом теплофизических свойств рабочих тел, не способен производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем, не понимает сути основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применять их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Владеет анализом теплофизических свойств рабочих тел, способен производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем. Плохо понимает основные законы термодинамики и термодинамических соотношений и с трудом применяет их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Владеет анализом теплофизических свойств рабочих тел, способен производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем. Понимает основные законы термодинамики и термодинамических соотношений и применяет их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей, но допускает при этом неточности. На дополнительные или уточняющие вопросы, в целом, отвечает правильно.	Владеет анализом теплофизических свойств рабочих тел, способен производить поиск оптимальных параметров при расчете теплотехнических установок и систем. Понимает основные законы термодинамики и термодинамических соотношений и успешно применяет их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей. На дополнительные или уточняющие вопросы отвечает грамотно и исчерпывающе.
Владение пониманием основных законов термодинамики и термодинамических соотношений и применять их для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.				

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Специализированные аудитории для проведения практических, лабораторных занятий, консультаций, самостоятельной работы; текущей и промежуточной аттестации и лекционных занятий	Установка для определения изобарной теплоемкости атмосферного воздуха; установка для определения теплоемкости жидкости; нагнетательная установка; установка для определения теплоты парообразования воды; дозвуковое сопло; холодильная установка; лабораторная установка для изучения работы теплового насоса
2	Аудитория для самостоятельной работы	Специализированная мебель
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
4.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Техническая термодинамика: учебное пособие для студентов специальности 140105 / Б. М. Гришко, П. А. Трубаев. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. Ч. 1 : Основы термодинамики. - 2009. - 137 с.

2. Техническая термодинамика : учеб. пособие для студентов специальности 140105. Ч. 2. Технические приложения термодинамики / П. А. Трубаев. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. - 121 с.
3. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. для бакалавров / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - Москва : Юрайт, 2011. - 560 с.
4. Техническая термодинамика : учеб. для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - Москва : Высшая школа, 2000. - 261 с.
5. Техническая термодинамика : учеб. пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - 2-е изд., исправ. - Москва : Высшая школа, 2001. - 260 с.
6. Техническая термодинамика : учеб. пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - 3-е изд., испр. - Москва : Высшая школа, 2003. - 260 с.
7. Техническая термодинамика и теплотехника : учеб. пособие / ред. А. А. Захарова. - Москва : Академия, 2006. - 271 с.
8. Техническая термодинамика и теплопередача : курс лекций с крат. биогр. ученых : учеб. пособие / Б. Я. Бендерский. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2005. - 262 с.
- 9.

6.4. Перечень интернет-ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

Перечень
Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система Znanium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://znanium.com/
Образовательная платформа Юрайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://urait.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, http://elibrary.ru
Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова, http://elib.bstu.ru/
Цирельман. Н.М. Техническая термодинамика. Учебное пособие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/Cirelman_Tehnicheskaya-termodinamika_RuLit_Me_582567.pdf
Николаев Г.П., Лойко А.Э. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11957/1/Nikolaev_Loyko.pdf
Мутугуллина И.А. Техническая термодинамика. Курс лекций: учебное пособие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=246900
Злобин В.Г., Горбай С.В., Короткова Т.Ю. Техническая термодинамика. Часть 1 Основные законы термодинамики. Циклы тепловых двигателей: учебное пособие / СПбГТУРП. -СПб.: 2011.- 149 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/883/73883/files/TiT_UchPos.pdf

