

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
В городе Борисоглебске



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Л.В.Болотских

«02» сентября 2019г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

Б1.В.02 «Техническая термодинамика»

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года /4 года 11 м.

Форма обучения очная/ заочная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/Матвеева Л.И./

Заведующий кафедрой
Естественно научных
дисциплин

/Матвеева Л.И./

Руководитель ОПОП

/Чудинов Д.М./

Борисоглебск 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих успешное изучение профильных дисциплин и творческое решение задач профессиональной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов термодинамики;
- изучение принципов действия теплотехнических устройств;
- формирование умения анализировать термодинамические процессы и рассчитывать параметры термодинамических систем;
- выработка навыков расчета характеристик теплотехнических устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Техническая термодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен организовывать и совершенствовать производственно-технологические процессы строительно-монтажных работ в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

ПК-3 - Способен управлять производственно-хозяйственной деятельностью в сфере теплогазоснабжения, вентиляции

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий закон термодинамики; законы, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; использовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в $i-S$, $T-S$ диаграммах
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.
ПК-3	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий

	закон термодинамики; законы, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; использовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в <i>i-S</i> , <i>T-S</i> диаграммах
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач. ед.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Курс, сессия	
			3,летн.
Аудиторные занятия (всего)	20	-	20
В том числе:			
Лекции	6	-	6
Практические занятия (ПЗ)	8	-	8
Лабораторные работы (ЛР)	6	-	6
Самостоятельная работа	151	-	151
Часы на контроль	9	-	9

Виды промежуточной аттестации - экзамен	+		+
Общая трудоемкость: академические часы	180	0	180
зач. ед.	5	0	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная/заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Основные понятия и определения термодинамики. Идеальный газ. Газовые смеси.	<p>Предмет технической термодинамики, ее место и роль в подготовке инженерных кадров. Связь технической термодинамики со смежными науками.</p> <p>Феноменологический и статистический подходы. Понятия: термодинамическая система, рабочее тело, параметры состояния, процессы. Основные параметры состояния (температура, давление, удельный объем и т.д.) Идеальный газ. Уравнение состояния (без вывода). Газовая постоянная и ее смысл.</p> <p>Теплоемкость. Понятие теплоемкости, ее классификации по количеству вещества, характеру процесса, интервалу температуры. Уравнение Майера для идеального газа. Связь между различными видами теплоемкости. Газовые смеси. Характеристики газовых смесей, способы задания газовых смесей.</p>	6/1	2/2	4/-	12/24	24/27
2	Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.	<p>Внутренняя энергия, теплота, работа. Первый закон термодинамики, его формулировки, аналитические выражения. Энтальпия. Выражение первого закона для потока</p> <p>Понятие энтропии как параметра состояния. 2-й закон термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Энтропия и работоспособность системы. Эксергия.</p> <p>Исследование изопроцесов.</p> <p>Цикл (прямой) и теоремы Карно. КПД цикла, холодильный коэффициент обратного цикла</p>	6/1	2/4	4/2	12/31	24/338
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Влажный воздух.	<p>Реальные газы и пары. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса и его следовние.</p> <p>Водяной пар. Параметры водяного пара. PV-, TS- и iS - диаграммы состояний водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного</p>	6/1	2/2	4/4	12/24	24/31

		пара по диаграммам и таблицам. Истечение газов и паров. Скорость истечения, ее связь со скоростью звука. Критическое соотношение давлений. Условия перехода через критическую скорость. Сопло Лаваля. Дросселирование газов и паров. Сущность процесса. Изменение калорических и термических параметров при дросселировании. Эффект Джоуля-Томсона. Температура и кривая инверсии. Адиабатный и изотермический дроссель-эффекты. Интегральный дроссель-эффект. Влажный воздух.					
4	Циклы паротурбинных установок	Паросиловые установки. Принципиальная схема ПТУ. Цикл Ренкина, его исследование. Циклы с регенеративными отборами, с промежуточными перегревами. Теплофикационный цикл.	6/1	4	2	12/24	24/25
5	Газосиловые циклы	Двигатели внутреннего сгорания. Циклы с подводом теплоты при постоянном объеме и давлении. Цикл со смешанным подводом теплоты. Цикл газотурбинной установки со сгоранием при постоянном давлении.	6/1	4	2	12/24	24/25
6	Компрессорные и холодильные установки.	Циклы воздушных и компрессионных холодильных установок. Холодильный коэффициент, холодопроизводительность. Характеристики и свойства холодильных агентов. Методы анализа эффективности циклов (эксергетический анализ).	6/1	4	2	12/24	24/25
		Контроль					36/9
Итого			36/6	18/8	18/6	72/151	180/180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Первый закон термодинамики в применении к решению одной из технических задач
2. Определение параметров влажного воздуха
3. Исследование процесса истечения из суживающего сопла

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения и в сессию 3 на 3 курсе для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: Термодинамические основы производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, КЭС и в районных котельных
Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Ознакомиться с основным оборудованием ТЭЦ, рассмотреть схему паротурбинной ТЭЦ с регулируемым отбором

- Описать порядок построения процессов изменения состояния водяного пара в контурах ТЭЦ в $i-S$ и $T-S$ диаграммах
- Представить расчет термодинамических параметров цикла паровой турбины
- Сравнить показатели эффективности выработки электрической энергии на ТЭЦ, КЭС и в районных котельных

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий закон термодинамики; законы, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; использовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в $i-S$, $T-S$ диаграммах	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабо-	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выпол-

	чих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.		торные работы выполнены	нены. уметь
ПК-3	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий закон термодинамики; законы, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; использовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в $i-S$, $T-S$ диаграммах	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы и на 3 курсе летней сессии заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий закон термодинамики; за-	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	коны, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы					
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; использовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в $i-S$, $T-S$ диаграммах	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать первый закон термодинамики применительно к закрытой системе и к стационарному потоку, второй закон термодинамики и его связь с методами оценки эффективности теплотехнического оборудования, третий закон термодинамики; законы, связанные с состояниями и процессами различных рабочих веществ: идеального газа, газовой смеси, реального газа (пара), двухфазной системы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; ис-	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

<p>пользовать уравнение состояния идеального газа, в том числе для газовых смесей; проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в i-S, T-S диаграммах</p>					
<p>владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел; законами и зависимостями превращения теплоты в работу.</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Чаще всего состояние рабочего тела определяется следующими параметрами:
 - а) удельным объемом;
 - в) только температурой;
 - б) давлением и температурой;
 - г) удельным объемом, давлением и температурой;
2. Значение универсальной газовой постоянной R , кДж/(кмоль·К) равно:
 - а) 83, 14;
 - б) 848;
 - в) 8,314;
 - г) 0,8314;
3. Давление 10,2 ат равно:
 - а) 1 Мпа;
 - б) 10,2 кгс/см²;
 - в) 760 мм.рт.ст;
 - г) 10 м.вод.ст;
4. Под идеальным газом понимают:
 - а) газ, в котором отсутствуют силы притяжения и отталкивания между молекулам
 - б) газ, в котором молекулы имея массу, не имеют объема;
 - в) газ, при высокой температуре и малом давлении;
 - г) газ, подчиняющийся уравнению Ван-дер-Ваальса;
5. Нормальными физическими условиями принято считать:
 - а) $p=101325$ Па, $T=273,15$ К;
 - б) $p=760$ мм.рт.ст, $t=0$ °С;
 - в) $p=101325$ Па, $t=20$ °С;
6. Всякий реальный процесс является:

- а) неравновесным процессом;
 - б) круговым процессом;
 - в) равновесным;
7. В законе Дальтона говорится о:
- а) массе смеси газов;
 - в) давлении смеси газов;
 - б) объеме смеси газов;
 - г) температуре смеси газов;
8. Масса водяного пара, содержащегося в 1 м³ влажного воздуха, называется:
- а) абсолютной влажностью воздуха;
 - б) относительной влажностью воздуха;
 - в) степенью насыщения воздуха;
9. Уравнение первого закона термодинамики для адиабатного процесса имеет вид:
- а) $dq = du$;
 - б) $dq = dT, u = 0$;
 - в) $dq = p du$;
 - г) $du = -dl$;
10. Термический КПД цикла Карно:
- а) больше 1;
 - б) меньше 1;
 - в) равен 1;
11. Энтропия не изменяется:
- а) в изобарном процессе;
 - в) в изохорном;
 - б) в изотермическом;
 - г) в адиабатном;
12. Сопло Лавала – это устройство для получения скорости истечения:
- а) ниже критической;
 - б) равной критической;
 - в) выше критической;
13. Температура водяного пара при дросселировании:
- а) уменьшается;
 - б) увеличивается;
 - в) не изменяется;
14. Термический КПД регенеративного цикла с одним отбором пара по сравнению с КПД цикла Ренкина:
- а) больше;
 - б) меньше;
 - в) одинаков;
15. Уравнение состояния для 1 кг идеального газа:
- а) $pV = MRT$;
 - б) $pV = RT$;
 - в) $pV RT m = m$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В изохорном процессе воздух нагревается на 100 °С. Определите конечное давление - P_2 , если начальные параметры: давление $P_1 = 3$ бара, температура $t_1 = 27$ °С. Выберите правильный вариант ответа.
 - 1) 3 бар; 2) 4 бар;
 - 3) 5 бар; 4) 6 бар.
2. В обратимом изотермическом процессе расширения при температуре $t = 227$ °С к рабочему телу подводится теплота $Q = 2,5$ МДж. Определите

изменение энтропии в процессе. Выберите правильный вариант ответа.

- 1) 2 кДж/К; 2) 3 кДж/К;
 - 3) 4 кДж/К; 4) 5 кДж/К.
3. Определите работу обратимого цикла Карно, если теплота в количестве $Q_1 = 1$ кДж подводится к рабочему телу при температуре $t_1 = 327$ °С, а отвод теплоты осуществляется при температуре $t_2 = 27$ °С. Выберите правильный вариант ответа.
- 1) 2 кДж; 2) 1,5 кДж;
 - 3) 1 кДж; 4) 0,5 кДж.
4. Определите энтальпию влажного пара при степени сухости $x = 0,5$, если энтальпия насыщенной жидкости $i' = 350$ КДж/кг, а теплота парообразования $r = 2300$ КДж/кг.
- 1) 1600 КДж/кг; 2) 1500 КДж/кг;
 - 3) 1400 КДж/кг; 4) 1300 КДж/кг.
5. Определите термический КПД цикла Ренкина без учета насоса, если энтальпии пара: перед турбиной $i_1 = 3400$ КДж/кг, после турбины $i_2 = 1800$ КДж/кг, а энтальпия конденсата $i_2' = 200$ КДж/кг.
- 1) 0,4; 2) 0,45;
 - 3) 0,5; 4) 0,55.
6. Определите абсолютный внутренний КПД турбины, если ее относительный внутренний КПД равен 0,9, а термический КПД цикла Ренкина составляет 40 %.
- 1) 0,36; 2) 0,34;
 - 3) 0,32; 4) 0,30.
7. В адиабатном процессе расширения идеального газа совершается работа, определяемая выражением:
- 1) $R(T_2 - T_1)$; 2) $C_p(T_2 - T_1)$;
 - 3) $C_n(T_2 - T_1)$; 4) $C_v(T_1 - T_2)$.
8. Теплоемкость политропного процесса определяется по формуле (n – показатель политропы, k – показатель адиабаты):
- 1) $C_n = C_v(n - 1)/(n - k)$; 2) $C_n = C_v(n - k)/(n - 1)$;
 - 3) $C_n = C_v(k - n)/(n - 1)$; 4) $C_n = C_v(n - k)/(1 - n)$.
9. Если теплоемкость линейно зависит от температуры ($c = a + bt$), то её средняя величина в промежутке (t_1, t_2) определяется следующим выражением:
- 1) $C_m = a - \frac{b(t_1 - t_2)}{2}$; 2) $C_m = a + \frac{b(t_1 + t_2)}{2}$;
 - 3) $C_m = a + \frac{b(t_1 - t_2)}{2}$; 4) $C_m = a - \frac{b(t_1 + t_2)}{2}$
10. Если при постоянной температуре влажного воздуха увеличивать его относительную влажность, то показания сухого – t_c и мокрого – t_m термометров будут изменяться следующим образом:
- 1) t_c и t_m – уменьшатся; 2) t_c не изменится, t_m – увеличится;
 - 3) t_c не изменится, t_m – уменьшится; 4) t_c и t_m – увеличатся

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Смесь идеальных газов состоит из 8 кг CO_2 , 10 кг N_2 и 2 кг O_2 . Объем смеси $V_1 = 16 \text{ м}^3$, а температура $t_1 = 57^\circ\text{C}$. Определить кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную смеси, давление смеси и парциальные давления газов, входящих в смесь.
2. Смесь идеальных газов задана объемными долями: $r_{\text{CO}_2} = 0,6$; $r_{\text{N}_2} = 0,3$; $r_{\text{O}_2} = 0,1$. Общая масса смеси $M = 20$ кг. Объем смеси $V_1 = 15 \text{ м}^3$, а температура $t_1 = 47^\circ\text{C}$. Определить кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную смеси, давление смеси и парциальные давления газов, входящих в смесь.
3. Воздух из начального состояния 1 ($t_1 = 1600^\circ\text{C}$ и $p_1 = 4 \text{ МПа}$) изохорно охлаждается до температуры $t_2 = 200^\circ\text{C}$, а затем изотермически сжимается до состояния 3, в котором $p_3 = p_1$. Показать процессы 1-2-3 в pV - и TS -диаграммах. Определить значения p , t , и v в точках 1, 2, 3. Вычислить удельные работу, теплоту, изменение внутренней энергии и энтропии в процессах 1-2, 2-3, 1-2-3 в целом. Изохорный процесс рассчитать с учетом зависимости теплоемкости воздуха от температуры.
4. Азот из состояния 1 ($t_1 = 1000^\circ\text{C}$ и $p_1 = 6 \text{ МПа}$) в изохорном процессе охлаждается до температуры $t_2 = 100^\circ\text{C}$, а затем изотермически сжимается до состояния 3, в котором $p_3 = p_1$. Показать процессы 1-2 и 2-3 в pV - и TS -диаграммах. Определить значения p , t , и v в точках 1, 2, 3. Вычислить удельные работу, теплоту, изменение внутренней энергии и энтропии в процессах 1-2, 2-3, 1-2-3 в целом. Изобарный процесс рассчитать с учетом зависимости теплоемкости воздуха от температуры.
5. Начальное состояние водяного пара задано параметрами $p_1 = 0,3 \text{ МПа}$ и $t_1 = 250^\circ\text{C}$. Из этого состояния пар охлаждается при постоянном давлении до состояния сухого пара $x_2 = 1$, а затем адиабатно расширяется до удельного объема $v_3 = 5 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить параметры пара в состояниях 1, 2 и 3 удельные количества теплоты и работу расширения процесса 1-2-3. Процесс 1-2-3 показать в Ts - и hs -диаграммах.
6. Водяной пар в начальном состоянии имеет параметры $p_1 = 1,5 \text{ МПа}$ и $x_1 = 0,76$. Из этого состояния при постоянном объеме пар нагревается до температуры $t_2 = 550^\circ\text{C}$ и далее при неизменной температуре расширяется до удельного $v_3 = 2,0 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить параметры пара в состояниях 1, 2 и 3, удельные количества теплоты и работу расширения пара в процессе 1-2-3. Процесс 1-2-3 показать в Ts - и hs -диаграммах.
7. Начальное состояние водяного пара задано параметрами $t_1 = 550^\circ\text{C}$ и $p_1 = 2 \text{ МПа}$. Из этого состояния при постоянном давлении пар переходит в двухфазное состояние с $x_2 = 0,8$. Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, удельную работу сжатия. Показать процесс в Ts - и hs -диаграммах.
8. Сухой насыщенный водяной пар с начальной температурой $t_1 = 160^\circ\text{C}$ адиабатно сжимается так, что объем пара уменьшается в 10 раз. Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, удельную работу

сжатия и изменение энтальпии пара в процессе. Показать процесс в T_s - и h_s - диаграммах.

9. В идеальную сушильную камеру подается 50 кг/с влажного воздуха при параметрах $W_1 = 5\%$ и $t_1 = 90^\circ\text{C}$. Относительная влажность воздуха на выходе из камеры $W_2 = 60\%$. Определить массовый и объемный расход влажного воздуха на выходе из камеры. Принять давление в камере $P = 0,1$ МПа. Задачу решить с использованием h_d - диаграммы и привести схему решения.
10. Определить массовый и объемный расход влажного воздуха на входе в идеальную сушильную камеру, если известно, что в камере испаряется 10 кг воды в секунду, параметры влажного воздуха на выходе из камеры $W_2 = 60\%$ и $t_2 = 45^\circ\text{C}$, а изменение влагосодержания воздуха в камере $\Delta d = 20$ г/(кг сух. возд.). Принять давление в камере $P = 0,1$ МПа. Задачу решить с использованием h_d - диаграммы и привести схему решения

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные термические и калорические параметры состояния идеальных газов. Давление, удельный объем.
2. Температура. Способы замера температур. Шкалы температур.
3. Понятие идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
4. Понятие об обратимых и необратимых, равновесных и неравновесных процессах.
5. Работа и внутренняя энергия.
6. Тепловой насос. Трансформаторы теплоты.
7. Теплоемкость. Виды теплоемкостей и связь между ними. Определение количества теплоты через теплоемкости.
8. Изохорный процесс идеального газа и его исследование.
9. Изобарический процесс идеального газа и его исследование.
10. Изотермический процесс идеального газа и его исследование.
11. Адиабатический процесс идеального газа и его исследование.
12. Политропный процесс и его исследование.
13. Смеси идеальных газов. Способы задания газовых смесей. Соотношения между массовыми, объемными и мольными долями.
14. Закон Дальтона.
15. Влажный воздух. Параметры влажного воздуха.
16. Построение Id -диаграммы влажного воздуха. Характеристика параметров.
17. Температура точки росы и мокрого термометра.
18. Теоретический и практический процесс сушки. Характеристика теплопотерь при сушке материалов.
19. Первый закон термодинамики. Формулировка и математическое представление.
20. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

21. Цикл Карно и его анализ.
22. Второй закон термодинамики. “Тепловая смерть” Вселенной.
23. Понятие энтропии. Энтропийная S-T-диаграмма.
24. Реальные газы и пары. Уравнение состояния реальных газов Ван-дер-Ваальса.
25. Качественные особенности реальных газов.
26. IS-диаграмма водяного пара. Изображение процессов изменения состояния водяного пара в IS-диаграмме.
27. Процесс парообразования в PV-, TS- и iS-диаграммах при $V=Const$. Анализ процесса.
28. Процесс парообразования в PV-, TS- и iS-диаграммах при $P=Const$. Анализ процесса.
29. Процесс парообразования в PV-, TS- и iS-диаграммах при $T=Const$. Анализ процесса.
30. Изоэнтальпный процесс водяного пара и его анализ.
31. Паросиловой цикл Ренкина. Элементы схемы.
32. Анализ паросилового цикла в PV-, TS- и iS- диаграммах. Термический КПД цикла.
33. Регенеративные циклы паросиловых установок.
34. Циклы турбин с промежуточным отбором пара.
35. Комбинированный и раздельный методы производства тепловой и электрической энергии в турбинах с регулируемым отбором. Технико-экономическое сравнение
36. Дросселирование газов и паров.
37. Расчет процесса дросселирования водяного пара с применением is-диаграммы.
38. Дифференциальный дроссель-эффект.
39. Интегральный дроссель-эффект.
40. Кривая инверсии.
41. Абсорбционная холодильная установка.
42. Компрессионные паровые холодильные установки.
43. Воздушная холодильная установка.
44. Идеальная холодильная машина, использующая обратный цикл Карно.
45. Циклы поршневых ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.
46. Циклы поршневых ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении.
47. Циклы поршневых ДВС с подводом теплоты при $V= Const$ и $P=Const$.
48. Сжатие газов и паров. Одноступенчатый компрессор.
49. Многоступенчатый компрессор.
50. Мощность на валу одноступенчатого и многоступенчатого компрессоров.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за

верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Основные понятия и определения термодинамики. Идеальный газ. Газовые смеси.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
2	Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Влажный воздух.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
4	Циклы паротурбинных установок	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
5	Газосиловые циклы	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
6	Компрессорные и холодильные установки.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Кононова, М.С. Теплогазоснабжение с основами теплотехники [Текст]: учебно-методическое пособие / М.С. Кононова, Ю.А. Воробьева ; Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2014. - 58 с.
2. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. Теплообмен [Текст]: учебник : рек. УМО РФ / А.О. Мирам, В.А. Павленко. - М. : АСВ, 2011. - 351 с.

Дополнительная литература

1. Техническая термодинамика: учеб. пособие: рек. ВГАСУ / А.Т. Курносков, Д.Н. Китаев; Воронеж. Гос.архит.-строит. ун-т.- Воронеж, 2007. – 109 с.
2. Исследование термодинамических параметров газов: метод. указания к выполнению лаб. работ для студ. / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: Д.Н. Китаев, Г.Н. Мартыненко. – Воронеж, 2009. - 36с.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – 5-е изд, стер. – М.: Высш. шк., 2007. – 264с. ISBN Захарова А.А. Техническая термодинамика и теплотехника. – 2-е изд., испр. – М.: Academia, 2008, – 272с. ISBN 978-5-7695-4999-1. 978-5-06-004344-0.
4. Базаров, И.П. Термодинамика [Текст] : учебник / И.П. Базаров, - 5-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 375 с.
5. Теплотехника [Текст]: учебник / под ред. А. П. Баскакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бастет, 2010. – 324 с.
6. Скаков С.В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: курс лекций/ Скаков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 122 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55663>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
7. Кириллин В.А. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 496 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55878>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Информационные технологии:

- мультимедийные презентации. Используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программных приложений Microsoft Power Point.

- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных.

- Применяемое лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office Word, Microsoft Office Power Point.

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

- <https://lektsia.com>
- <https://studopedia.ru>

- Информационные справочные системы

Обучающиеся могут при необходимости использовать возможности информационно-справочных систем, электронных библиотек и архивов.

Адрес электронного каталога электронно-библиотечной системы ВГТУ:
<http://catalog2.vgasu.vrn.ru/MarcWeb2/>

Другие электронной информационно-образовательной ресурсы доступны по ссылкам на сайте ВГТУ - см. раздел Электронные образовательные информационные ресурсы. В их числе: библиотечные серверы в Интернет, серверы науки и образования, периодика в интернет, словари и энциклопедии.

- Электронно-библиотечная система «IPRbooks»

<http://www.iprbookshop.ru>

- Электронно-библиотечная система «Elibrary» <http://elibrary.ru>

- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://www.diss.rsl.ru>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>

- Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>

- Национальная Электронная Библиотека <https://нэб.рф>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Материально-техническая база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий.

Лекционные и практические занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, с использованием интерактивных досок, проекционного и мультимедийного оборудования.

В самостоятельной и аудиторной работе студентами активно используются единая информационная база (новая литература, периодика, электронные образовательные ресурсы, электронные учебники, справочники, цифровые образовательные ресурсы):

–ИВМ РС - совместимые компьютеры (ауд. 7);

–мультимедийное оборудование

–виртуальные лабораторные установки по основным разделам термодинамики и теплообмена.

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

По дисциплине «Техническая термодинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета параметров термодинамических систем и характеристик теплотехнических устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.