

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Л.В.Болотских

«02» сентября 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Техническая термодинамика»

Направление подготовки 08.03.01 СТРОИТЕЛЬСТВО

Профиль Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2016

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 овладение знаниями в области технической термодинамики, создание фундамента для усвоения профилирующих дисциплин специальности, развитие навыков и умения творческого использования основных закономерностей технической термодинамики при решении конкретных задач в области теплоэнергетики, теплогазоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

1.2. Задачи освоения дисциплины

- обеспечить знания студентов в области технической термодинамики, одной из базовых общеинженерных дисциплин специальности, что позволяет создать фундамент неформального усвоения материала профилирующих дисциплин: отопления, вентиляции, теплоснабжения, газоснабжения, теплогенерирующих установок и др.;
- развить творческий подход при использовании элементов термодинамического анализа и решении конкретных задач в области теплогазоснабжения, вентиляции и охраны воздушного бассейна

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ОПК-1 - способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-6 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

ПК-14 - владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	уметь применять методы математического анализа и математического

	(компьютерного) моделирования
	владеть способностью использовать, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК-6	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, информацией из различных источников и баз данных
	владеть способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ПК-14	знать методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам
	владеть владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Курс	
			3
Аудиторные занятия (всего)	24	-	24
В том числе:			
Лекции	12	-	12
Практические занятия (ПЗ)	6	-	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	-	6
Самостоятельная работа	111	-	111
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	9	-	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+		+
Общая трудоемкость:			
академические часы	144	0	144
зач.ед.	4	0	4

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	36	36
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

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. Уравнение состояния идеального газа. Теплоемкость. Смеси газов.	Предмет технической термодинамики, ее место и роль в подготовке инженерных кадров. Связь технической термодинамики со смежными науками. 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. 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.	6/2	2/1	-/-	7/18	15/21
2	Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.	Внутренняя энергия, теплота, работа. Первый закон термодинамики, его формулировки, аналитические выражения. Энтальпия. Выражение первого закона для потока Цикл (прямой) и теорема Карно. КПД цикла, холодильный	10/2	6/2	8/2	8/25	32/31

		коэффициент обратного цикла. Понятие энтропии как параметра состояния. 2-й закон термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Энтропия и работоспособность системы. Эксергия. Исследование изопроцессов.					
3	Термодинамические свойства реальных веществ. Водяной пар. Истечение и дросселирование водяного пара. Влажный воздух.	Реальные газы и пары. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса и его исследование. Водяной пар. Параметры водяного пара. PV-, TS- и iS - диаграммы состояний водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного 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.	8/4	4/1	10/4	8/26	30/35
4	Циклы паротурбинных установок	Паросиловые установки. Принципиальная схема ПТУ. Цикл Ренкина, его исследование. Циклы с регенеративными отборами, с промежуточными перегревами. Теплофикационный цикл.	6/2	4/1	-/-	7/20	17/23
5	Цикл газотурбинной установки и холодильные циклы	Цикл газотурбинной установки со сгоранием при постоянном давлении. Циклы воздушных и компрессионных холодильных установок. Холодильный коэффициент, холодопроизводительность. Характеристики и свойства холодильных агентов. Методы анализа эффективности циклов (эксергетический анализ). Основы химической термодинамики.	6/2	2/1	-/-	6/22	14/25
Контроль							36/9
Итого			36	18	18	36	144

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 ругулируемым 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
ОПК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	уметь применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	владеть способностью использовать, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования,	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь

	теоретического и экспериментального исследования			
ОПК-6	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, информацией из различных источников и баз данных	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	владеть способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
ПК-14	знать методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительных комплексы, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	Тестирование Лабораторные работы	Выполнено тестирование на положительную оценку. Лабораторные работы выполнены	Тестирование не выполнено. Лабораторные работы не выполнены. уметь
	владеть владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	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 обучения и сессию 3 на 3 курсе для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью использовать, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-6	знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, информацией из различных источников и баз данных	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-14	знать методы математического анализа	Тест	Выполнение теста на 90-	Выполнение теста на 80-	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70%

	и математического (компьютерного) моделирования		100%	90%		правильных ответов
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительных комплексы, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	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 владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	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

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 молекулами;

- б) газ, в котором молекулы имеют 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) $p = 101325 \text{ Па}$, $T = 273,15 \text{ К}$;
 - б) $p = 760 \text{ мм.рт.ст.}$, $t = 0 \text{ °C}$;
 - в) $p = 101325 \text{ Па}$, $t = 20 \text{ °C}$;
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 м^3 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 Лавы – 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) $p\nu = RT$;
 - в) $pV RT m = m$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В изохорном процессе воздух нагревается на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите конечное давление - P_2 , если начальные параметры: давление $P_1 = 3$ бара, температура $t_1 = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Выберите правильный вариант ответа.
1) 3 бар; 2) 4 бар;
3) 5 бар; 4) 6 бар.
2. В обратимом изотермическом процессе расширения при температуре $t = 227\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $t_1 = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$, а отвод теплоты осуществляется при температуре $t_2 = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $t_1 = 57\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 Ts - и hs - 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 $B = 0,1 \text{ МПа}$. Задачу решить с использованием hd - 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 $\Delta d = 20 \text{ г/(кг сух. возд.)}$. Принять давление в камере $B = 0,1 \text{ МПа}$. Задачу решить с использованием hd - диаграммы и привести схему решения

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Вопросы 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 теплотерь 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. Изохорный процесс водяного пара и его анализ.
31. Паросиловый 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.. Техничко-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.	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
2	Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Влажный воздух.	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
4	Циклы паротурбинных установок	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
5	Газосиловые циклы	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
6	Компрессорные и холодильные установки.	ОПК-1, ОПК-6, ПК -14	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

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.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

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. Тепломассообмен [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.пф>

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):

- IBM PC - 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, выполняется курсовая работа.

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.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 удастся 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 усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - 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.