

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**УТВЕРЖДАЮ**
Директор филиала _____
Е.А. Позднова/
_____ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Техническая термодинамика»**

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор(ы) программы _____ Матвеева Л.И.

Заведующий кафедрой
естественнонаучных дисциплин _____ Матвеева Л.И.

Руководитель ОПОП _____ Филатова Н.В.

Борисоглебск 2023

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, вентиляции, водоснабжения и водоотведения.

ПК-3 – Способен управлять производственно-хозяйственной деятельностью в сфере теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основные понятия и законы термодинамики; уравнения состояния рабочих тел и протекающих в них процессов
	уметь проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел.
ПК-3	знать принципы работы теплотехнических устройств, методы оценки эффективности теплотехнического оборудования
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в i - S , T - S диаграммах
	владеть методиками анализа термодинамических процессов, протекающих в теплотехнических устройствах, единицами измерения теплотехнических величин.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 5 зачетных единиц

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

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
Часы на контроль		
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач. ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ 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.	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	4	6	24
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. Понятие энтропии как параметра состояния. 2-й закон термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Энтропия и работоспособность	6	2	4	6	24

		системы. Эксергия. Исследование изопроцесов. Цикл (прямой) и теоремы Карно. КЦД цикла, холодильный коэффициент обратного цикла					
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. 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. Влажный воздух.	6	2	4	6	24
4	Истечение газов и паров.	Первый закон термодинамики для потока рабочего тела и его запись для различных тепломеханических агрегатов. Сопла и диффузоры. Истечение газа через суживающееся сопло. Критическая скорость истечения. Общие закономерности истечения газа через сопла и диффузоры. Сопло Лавалья. Дросселирование газа. Эффект Джоуля-Томсона.	6	4	2	6	24
5	Циклы паротурбинных установок Газосиловые циклы	Паросиловые установки. Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ). Цикл Ренкина, его исследование. Циклы с регенеративными отборами, с промежуточными перегревами. Теплофикационный цикл. 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	4	2	6	24
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	4	2	6	24
		Контроль					36
Итого			36	18	18	36	108

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Первый закон термодинамики в применении к решению одной из технических задач
2. Определение параметров влажного воздуха
3. Изучение процесса истечения газа через суживающееся сопло

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не преду-

смаатривает выполнение курсового проекта (работы) и контрольных работ.

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 основные понятия и законы термодинамики; уравнения состояния рабочих тел и протекающих в них процессов	Выполнение тестовых заданий. Аргументированность ответов на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Количество правильных ответов в тестовых заданиях более 40%. Подготовлены ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Количество правильных ответов в тестовых заданиях менее 40%. Отсутствие отчетов о выполнении лабораторных работ, нарушение графика защит.
	уметь проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров	Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Выполнение индивидуальных заданий по решению задач. Подготовка реферата или презентации на заданную тему. Выполнение лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Индивидуальные задания выполнены, представлены решения 60% и более задач. Представлен реферат (презентация) на заданную тему. Выполнены все лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой.	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Представлены решения менее 60% задач в индивидуальных заданиях. Не представлен реферат (презентация). Выполнены не все лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой.
	владеть методиками расчета термодинамических параметров рабочих тел; справочными таблицами, диаграммами состояния рабочих тел.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Оформление отчетов и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Посещение практических и лабораторных занятий. Своевременное оформление отчетов и защита лабораторных работ.	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Частичное посещение или отсутствие на практических и лабораторных занятиях. Отсутствие отчетов о выполнении лабораторных работ, нарушение графика защит.
ПК-3	знать принципы работы теплотехнических устройств, методы оценки эффективности теплотехнического оборудования	Выполнение тестовых заданий. Аргументированность ответов на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Количество правильных ответов в тестовых заданиях более 40%. Подго-	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Количество правильных ответов в тестовых заданиях менее 40%. Отсутст-

			товлены ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	вие отчетов о выполнении лабораторных работ, нарушение графика защит.
	уметь применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса теплотехнических установок или теплового баланса для систем, в которых не производится работа; проводить анализ эффективности циклов тепловых двигателей; анализировать теплосиловые циклы в i-S, T-S диаграммах	Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Выполнение индивидуальных заданий по решению задач. Подготовка реферата или презентации на заданную тему. Выполнение лабораторных работ.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Индивидуальные задания выполнены, представлены решения 60% и более задач. Представлен реферат (презентация) на заданную тему. Выполнены все лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой.	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Представлены решения менее 60% задач в индивидуальных заданиях. Не представлен реферат (презентация). Выполнены не все лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой.
	владеть методиками анализа термодинамических процессов, протекающих в теплотехнических устройствах, единицами измерения теплотехнических величин.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях. Оформление отчетов и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Посещение практических и лабораторных занятий. Своевременное оформление отчетов и защита лабораторных работ.	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах. Частичное посещение или отсутствие на практических и лабораторных занятиях. Отсутствие отчетов о выполнении лабораторных работ, нарушение графика защит.

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре по системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать основные понятия и законы термодинамики; уравнения состояния рабочих тел и протекающих в них процессов	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить анализ и расчет термодинамических процессов изменения состояния идеального газа, водяного пара и влажного воздуха; рассчитывать процессы истечения и дросселирования газов и паров	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	Решение прикладных задач в конкретной предметной	Задачи решены в полном объеме и получены	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве	Задачи не решены

	рабочих тел.	области	верные ответы	верный ответ во всех задачах	задач	
ПК-3	знать принципы работы теплотехнических устройств, методы оценки эффективности теплотехнического оборудования	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; 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 анализа термодинамических процессов, протекающих в теплотехнических устройствах, единицами измерения теплотехнических величин.	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, но 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. Определить значение газовых постоянных для следующих газов: ацетилен C_2H_2 , окись углерода CO , аммиак NH_3 .

2. В баллоне емкостью 40 л находится кислород при давлении 112 ат по манометру, его температура 37° , атмосферное давление равно 736 мм рт. ст. Определить массу кислорода и его плотность

3. В изохорном процессе воздух нагревается на $100^{\circ}C$. Определите конечное давление - P_2 , если начальные параметры: давление $P_1 = 3$ бара, температура $t_1 = 27^{\circ}C$. Выберите правильный вариант ответа.

- 1. $P_2 = 3$ бара; 2. $P_2 = 4$ бара; 3. $P_2 = 5$ бар; 4. $P_2 = 6$ бар.

4. Определить массовый и объемный составы смеси водорода с азотом, если газовая постоянная ее равна 922 Дж/кг К. Давление смеси 720 мм рт. ст. Определить парциальные давления компонентов.

5. В обратимом изотермическом процессе расширения при температуре $t = 227^{\circ}C$ к рабочему телу подводится теплота $Q = 2,5$ МДж. Определите изменение энтропии в процессе. Выберите правильный вариант ответа.

1. $S_2 - S_1 = 2$ кДж/К; 2. $S_2 - S_1 = 3$ кДж/К; 3. $S_2 - S_1 = 4$ кДж/К; 4. $S_2 - S_1 = 5$ кДж/К

6. В политропном процессе температура газа увеличилась в 4 раза, а объем уменьшился в 3 раза. Чему равен показатель политропы? Где на pV -диаграмме расположен этот процесс? Что происходит в процессе с газом?

7. Определите работу обратимого цикла Карно, если теплота в количестве $Q_1 = 1$ кДж подводится к рабочему телу при температуре $t_1 = 327^{\circ}C$, а отвод теплоты осуществляется при температуре $t_2 = 27^{\circ}C$. Выберите правильный вариант ответа.

- 1. $L = 2$ кДж; 2. $L = 1,5$ кДж; 3. $L = 1$ кДж; 4. $L = 0,5$ кДж.

8. Сравнить термические КПД двух циклов Карно. В одном из них теплота подводится при температуре $1800^{\circ}C$, а отводится при $300^{\circ}C$. А в другом подводится при $2000^{\circ}C$, а отводится при $500^{\circ}C$.

9. 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. $h = 1600$ КДж/кг; 2. $h = 1500$ КДж/кг; 3. $h = 1400$ КДж/кг; 4. $h = 1300$ КДж/кг.

10. Определите термический КПД цикла Ренкина без учета насоса,

если энтальпии пара: перед турбиной $h_1 = 3400$ КДж/кг, после турбины $h_2 = 1800$ КДж/кг, а энтальпия конденсата $h_2' = 200$ КДж/кг.

1. КПД = 0,4; 2. КПД = 0,45; 3. КПД = 0,5; 4. КПД = 0,55.

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. Воздух из начального состояния 1 ($t_1 = 1600^\circ\text{C}$ и $p_1 = 4$ 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.

3. Кислород с параметрами $t_1 = 28^\circ\text{C}$, $p_1 = 0,8$ МПа нагревается до давления 1,6 МПа при постоянном объеме. Определить изменение энтропии, считая теплоемкость постоянной, а количество кислорода 1 кг

4. Параметры состояния водяного пара $p = 3,0$ МПа, $t_1 = 300^\circ\text{C}$. Пар в турбине расширяется адиабатически до давления $p_2 = 3$ кПа. Построить адиабатический процесс и определить параметры процесса, работу и изменение внутренней энергии.

5. Начальное состояние водяного пара задано параметрами $p_1 = 0,3$ 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. 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 $B = 0,1$ МПа. Задачу решить с использованием hd - диаграммы и привести схему решения.

7. Воздух, имеющий температуру 15°C , по трубке диаметром 8 мм перетекает из резервуара с постоянным давлением 12 ат в другой, расположенный рядом, с постоянным давлением 8 ат. Определить скорость истечения воздуха, температуру его при переходе во второй резервуар и количество воздуха, перетекшее за 1 час.

8. Компрессор всасывает воздух при давлении 1 бар и температуре 20°C и сжимает его до 6 бар. Определить теоретическую мощность компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном ($n=1,2$) сжатии; найти также параметры сжатого воздуха. Часовая производительность компрессора $1200 \text{ м}^3/\text{час}$ при нормальных физических условиях.

9. Определить теоретическую работу на привод одноступенчатого и трехступенчатого компрессоров при сжатии воздуха до давления 125 бар. Начальное давление 1 бар и температура 300 К. Показатель политропы для всех ступеней принять равным 1,2. Определить величину работы на 1 м³ воздуха и температуру в конце сжатия в одноступенчатом, трехступенчатом и четырехступенчатом компрессорах.

10. Определить в цикле с подводом теплоты при постоянном объеме параметры всех основных точек, работу расширения, сжатия и полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла, термический КПД цикла Карно, осуществленного между максимальной и минимальной температурами, среднее индикаторное давление. Параметры начальной точки: $p_1=1$ бар, $T_1=400$ К, степень сжатия $\varepsilon = 6$, степень повышения давления $\lambda = 3,0$. Рабочее тело – воздух с газовой постоянной $R = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$, показатель адиабаты $k = 1,4$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Термодинамическая система. Параметры состояния термодинамической системы. Основные параметры состояния (давление, удельный объем, температура).

2. Термодинамическое равновесие. Уравнение состояния термодинамической системы. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная.

3. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объемными долями. Кажущаяся молекулярная масса смеси, газовая постоянная смеси.

4. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Изопараметрические процессы и их изображение в различных координатах.

5. Внутренняя энергия термодинамической системы как функции ее состояния. Работа и теплота как функции термодинамического процесса.

6. Первый закон термодинамики, его различные формулировки. Энтальпия.

7. Теплоемкость газов. Зависимость теплоемкости от температуры, от характера процесса. Изохорная и изобарная теплоемкости. Уравнение Майера.

8. Адиабатный процесс. Вывод уравнения адиабаты на основе первого закона термодинамики. Показатель адиабаты.

9. Исследование изопараметрических процессов в идеальном газе на основе первого закона термодинамики.

10. Политропные процессы. Уравнение политропного процесса. Показатель политропы. Теплоемкость политропного процесса, ее зависимость от показателя политропы. Физический смысл отрицательной теплоемкости.

11. Второй закон термодинамики, его различные формулировки. Схема работы тепловой машины. Термический КПД цикла.

12. Цикл Карно, его термический КПД. Теоремы Карно.
13. Энтропия как функция состояния и ее изменение в различных изопроцессах.
14. Энтропия адиабатической системы. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
15. TS-координаты. Изображение изопроцессов в идеальном газе в TS-координатах.
16. IS-координаты. Изображение изопроцессов в идеальном газе в IS-координатах.
17. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние вещества.
18. Водяной пар. Насыщенный пар. Степень сухости. Перегретый пар. Изображение процесса получения перегретого пара в PV-координатах. PV-диаграмма воды и водяного пара.
19. Таблицы воды и водяного пара.
20. Расчет параметров воды и водяного пара.
21. Энтропийные диаграммы водяного пара.
22. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Влажосодержание. Энтальпия влажного воздуха.
23. Id – диаграмма влажного воздуха и ее применение для технических расчетов.
24. Первый закон термодинамики для потока рабочего тела и его запись для различных тепломеханических агрегатов.
25. Сопла и диффузоры. Истечение газа через суживающееся сопло. Критическая скорость истечения. Общие закономерности истечения газа через сопла и диффузоры. Сопло Лаваля.
26. Дросселирование газа. Эффект Джоуля-Томсона.
27. Циклы паросиловых установок (ПСУ). Цикл Карно с влажным паром и его недостатки.
28. Цикл Ренкина с перегретым паром и его термический КПД. Влияние параметров пара на КПД цикла Ренкина.
29. Цикл с промежуточным перегревом пара и его термический КПД.
30. Понятие о регенеративном цикле ПСУ.
31. Поршневые двигатели внутреннего сгорания. Индикаторная диаграмма карбюраторного двигателя. Идеальный цикл с подводом тепла при постоянном объеме, его термический КПД.
32. Индикаторная диаграмма дизельного двигателя. Идеальный цикл с подводом тепла при постоянном давлении, его термический КПД.
33. Цикл двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом тепла.
34. Цикл газотурбинной установки.
35. Холодильные циклы.
36. Компрессоры. Идеальная и реальная диаграммы работы поршневого компрессора. Многоступенчатые компрессоры

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт 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, вопросы к зачёту
2	Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические процессы.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту
3	Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар. Влажный воздух.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту
4	Истечение газов и паров.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту
5	Циклы паротурбинных установок Газосиловые циклы	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту
6	Компрессорные и холодильные установки.	ПК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачёту

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 методике 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 методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. 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.

2. 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.

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. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Текст]: учебник : рек. УМО РФ / А.О. Мирам, В.А. Павленко. - М. : АСВ, 2011. - 351 с.

5. Теплотехника [Текст]: учебник / под ред. А. П. Баскакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бастет, 2010. – 324 с.

6. Техническая термодинамика: учеб. пособие: рек. ВГАСУ / А.Т. Курносков , Д.Н. Китаев; Воронеж. Гос.архит.-строит. ун-т.- Воронеж, 2007. – 109 с.

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:

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;

Google Chrome;

Microsoft Office 64-bit

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> – единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;
<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система IPRbooks;

www.elibrary.ru – научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

<https://studopedia.ru> – информационный сайт для студентов разных предметных областей

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (лекционных и практических занятий), оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;
- мультимедийный проектор;
- экран переносной;
- магнитно-маркерная доска;
- учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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 термодинамических 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 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 работ, для подготовки к ним необходимо: 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: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также конспектами 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 зачётом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	2	3	4
1			
2			