Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(направленность (профиль): «Цифровой инжиниринг»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: fc9174b54ee9e52ecccebc4447325f87f55889f2
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 17 апреля 2024 г. по 11 июля 2025 г.
Дата и время: 15-06-2025 16:13:24 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование знаний о процессах, происходящих в теплотехническом и теплоэнергетическом. оборудовании, методах его расчетов, эксплуатации и совершенствования.

Задачами учебной дисциплины являются:

– изучение фундаментальных законов термодинамики и взаимного превращения теплоты и работы;
– овладение методами расчета параметров и процессов различных рабочих тел;
– овладение методами термодинамического анализа процессов и циклов теплоэнергетического оборудования с целью повышения тепловой эффективности и экономичности;
– умение произвести необходимые термодинамические расчеты при проектно-конструкторских, производственно-технологических видах профессиональной деятельности.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Химия;
– Математика.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Котельные установки и парогенераторы.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Теоретическая профессиональная подготовка	ОПК-4: Способен демонстрировать применение	ОПК-4.3 Понимает основные законы термодинамики и	– знать: основные законы термодинамики и

	основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	термодинамических соотношений	термодинамических соотношений. – уметь: применять основные законы термодинамики и термодинамических соотношений.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***3 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***108***	*108*
	зачетных единиц	***3***	*3*
Лекции, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***8***	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***8***	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***22***	*22*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***54***	*54*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные понятия и законы технической термодинамики (Понятие термодинамической системы и рабочего тела.

Идеальные и реальные газы. Параметры и уравнения состояния. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Теплоемкость идеальных газов и их смесей. Понятие термодинамического процесса. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Теплота и работа. Внутренняя энергия. Энтальпия. Первый и второй законы термодинамики. Энтропия.);

Раздел 2 Термодинамические процессы газов и паров;

Тема 2.1 Термодинамические процессы идеального газа (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы);

Тема 2.2 Термодинамические процессы водяного пара (различные состояния водяного пара и использование его в технике. i–s - диаграмма и таблицы водяного пара);

Тема 2.3 Термодинамические процессы влажного воздуха (основные параметры влажного воздуха, i-d - диаграмма влажного воздуха и её использование для изучения процессов измене¬ния состояния воздуха);

Раздел 3 Термодинамические циклы;

Тема 3.1 Понятие кругового процесса (цикла) (обратимые и необратимые циклы, прямые и обратные циклы, цикл Карно);

Тема 3.2 Циклы компрессоров (назначение и классификация компрессоров; работа, затрачиваемая на привод компрессора; изотермическое и политропное сжатие; индикаторная диаграмма; изображение в pv- и Ts-диаграммах процесса в компрессоре));

Тема 3.3 Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (классификация поршневых ДВС; определение термического КПД и влияние параметров цикла ДВС на увеличение КПД);

Тема 3.4 Циклы газотурбинных установок (определение термического КПД; методы повышения КПД газотурбинных установок);

Тема 3.5 Циклы холодильных установок (классификация холодильных установок; понятие холодильного коэффициента и холодопроизводительности; циклы воздушной, парокомпрессионной, пароэжекторной и абсорбционной холодильных установок);

Тема 3.6 Тепловые насосы (принципиальная схема теплового насоса; понятие отопительного коэффициента, достоинства и недостатки, опыт применения);

Тема 3.7 Циклы паросиловых установок (определение термического КПД цикла Ренкина; способы повышения экономичности паросиловых установок; цикл с вторичным перегревом пара, регенеративный цикл, бинарные и парогазовые циклы; основы теплофикации).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*

дисциплины		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Основные понятия и законы технической термодинамики	2	
Раздел 2.	Термодинамические процессы газов и паров		
Тема 2.1.	Термодинамические процессы идеального газа	1	
Тема 2.2.	Термодинамические процессы водяного пара	2	
Тема 2.3.	Термодинамические процессы влажного воздуха	2	
Раздел 3.	Термодинамические циклы		
Тема 3.1.	Понятие кругового процесса (цикла)	1	
Тема 3.2.	Циклы компрессоров	1	
Тема 3.3.	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	1	
Тема 3.4.	Циклы газотурбинных установок	1	
Тема 3.5.	Циклы холодильных установок	1	
Тема 3.6.	Тепловые насосы	2	
Тема 3.7.	Циклы паросиловых установок	2	
Итого:		**16**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Параметры и уравнения состояния термодинамической системы. Смеси газов. Теплоемкость газов и их смесей. Первый закон термодинамики. Теплота и работа	2	
Раздел 2.	Термодинамические процессы идеального газа. PV- и TS-диаграммы. Термодинамические процессы водяного пара и влажного воздуха. i-s-диаграмма и таблицы	2	

	водяного пара. i-d-диаграмма влажного воздуха.		
Раздел 3.	Расчет теоретического и действительного КПД цикла паросиловой установки. Работа паросиловой установки (блиц-игра)	4	
Итого:		**8**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лабораторных работ**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Определение изобарной теплоемкости воздуха	3	
Раздел 2.	Исследование изохорного процесса. Исследование политропного процесса. Исследование процессов влажного воздуха	3	
Раздел 3.	Исследование цикла парокомпрессорной холодильной установки	2	
Итого:		**8**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	**Виды самостоятельной работы**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	7	

Раздел 2.	1. Выполнение домашнего задания; 2. Изучение лекционного материала; 3. Подготовка к лабораторной работе; 4. Подготовка к практическому занятию; 5. Прохождение тестирования.	8	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	7	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	54	
Итого:		**76**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Домашнее задание; 3. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 4. Наблюдение за работой на практическом занятии; 5. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-4	1. Вопросы к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено»

отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); домашнее задание; наблюдение за работой на лабораторной работе; наблюдение за работой на практическом занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию домашнего задания

Домашнее задание – это самостоятельная форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется без непосредственного руководства и контроля со стороны педагогического работника, но по его поручению.

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный ответ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– использование при ответе требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие);

– использование графических элементов с целью выделения особо значимой информации: таблиц, схем, рисунков и т.п.

Критерии оценки домашнего задания

Наименование параметра оценки	Оценка
Обучающийся выполнил задание в полном объёме; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.	отлично
Обучающийся выполнил задание, удовлетворяющее тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает несколько незначительных ошибок.	хорошо
Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.	удовлетворительно
Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений или ответа в целом, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в

знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с	1,25

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
инструментами и/или средствами вычислительной техники.	
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наблюдение за работой на лабораторном занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении лабораторной работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении лабораторной работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Теплотехника : учебник для вузов / В. Л. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – Москва : Высшая школа, 2000. – 671 с.;

2 Металлургическая теплотехника : учебник для вузов : в 2 т. Т.1 : Теоретические основы / В. А. Кривандин, В. А. Арутюнов, Б. С. Мастрюков ; под ред. В. А. Кривандина. – Москва : Металлургия, 1986. – 423 с.;

3 Кудинов, В. А. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кудинов. – Москва : Высшая школа, 2000. – 261 с.;

4 Теплотехника : учебник для вузов / В. А. Гуляев, Б. А. Вороненко, Л. М. Корнюшко [и др.]. – Санкт-Петербург : РАПП, 2009. – 345 с. : ил.;

5 Полях, О. А. Техническая термодинамика и теплотехника : конспект лекций / О. А. Полях ; Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2015. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=32&lngEdition=3351&lngFile=3274&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 28.03.2025);

6 Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен : учебное пособие / Н. И. Стоянов, С. С. Смирнов, А.В . Смирнова. – Ставрополь : СКФУ, 2014. – 225 с. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457750 (дата обращения: 28.03.2025);

7 Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учебник / В. А. Кириллин , В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. – 502 с. – ISBN 978-5-383-00939-0. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009390.html (дата обращения: 28.03.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для

авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ);
- учебную аудиторию для выполнения курсовых работ;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Составитель(и):

доцент Михайличенко Татьяна Алексеевна (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Заместитель начальника ПТО
Центральная ТЭЦ ООО «ЭнергоТранзит» А. Ю. Поромов

Приложение

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

1 Что является предметом изучения термодинамики?
2 Что такое теплота?
3 Единицы измерения теплоты?
4 Что такое работа?
5 Единицы измерения работы?
6 Что характеризует теплоемкость вещества?
7 Что такое термодинамический процесс?
8 Чем отличается процесс от цикла?
9 Как перевести ккал/ч в Вт? 1ккал/ч=???Вт
10 Как перевести ккал в кДж?

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1. Основные понятия и законы технической термодинамики

1 Устный опрос на лекции

Перечень заданий и вопросов для устного опроса:

2. Дайте определение понятий рабочего тела и термодинамической системы. Привести примеры.
3. В чем отличие идеальных и реальных газов?
4. Способы задания состава газовых смесей.
5. Закон Дальтона.
6. Назовите основные параметры состояния рабочего тела.
7. Теплоемкость газов и их смесей.
8. Уравнение Клапейрона и его разновидности.
9. Дайте определение понятий газовой постоянной и универсальной газовой постоянной.
10. Дайте определение понятий внутренней энергии, энтальпии, энтропии
10. Закон Авогадро и его следствие.

2 Устный опрос на практическом занятии (дискуссия)

Перечень тем для дискуссии:

1. Первый закон термодинамики (дискуссия на тему «Практическая реализация закона в различных термодинамических процессах»)
2. Второй закон термодинамики (дискуссия на тему «Разнообразие формулировок второго закона термодинамики»)
3. Проблема Тепловой смерти Вселенной (дискуссия на тему «Философские, физические и социальные аспекты проблемы»)

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

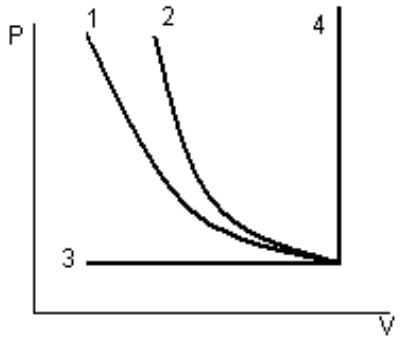
Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

1. Тепловое движение – это:
    1) беспорядочное (хаотическое) движение микрочастиц (атомов, молекул и др.),
    2) передача энергии в результате макроскопического упорядоченного движения микрочастиц,
    3) количество передаваемой энергии в результате хаотического, ненаправленного движения микрочастиц
2. Закон Шарля:
    1) P = f_1 (υ, T)
    2) υ= f_2 (P, T)
    3) T = f_3 (υ, P)
3. Размерность массовой теплоемкости в системе СИ _____
4. К параметрам состояния относятся:
    1) удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура, изменение внутренней энергии, энтальпия, энтропия
    2) удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура, изменение внутренней энергии, удельная теплоемкость
    3) удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура, изменение внутренней энергии, теплота, энтропия
5. Изобарный (изобарический) процесс:
    1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме
    2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении
    3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре
6. Теплоемкость определяется отношением:
    1) c = dq/dT
    2) c = dq/T
    3) c = dq/dτ

7. В изотермическом процессе:
    1) параметры состояния (P, T, υ) не меняются
    2) изменяются 2 параметра состояния из 3 основных (P, T, υ)
    3) изменяются все 3 основных параметра состояния (P, T, υ)
8. Обозначение единицы измерения температуры в (СИ) является_____

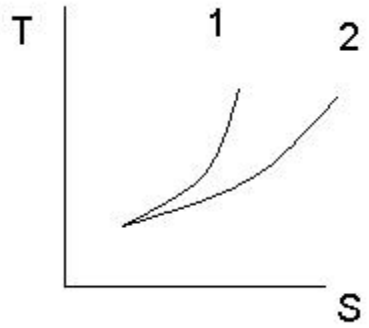
9. Термический КПД цикла :
   1) отношение полезно использованной в цикле теплоты (или полученной работы) ко всему количеству затраченной теплоты
   2) отношение количества затраченной в цикле теплоты к полезно использованной в цикле теплоты (или полученной работы)
   3) полезно использованная в цикле теплота (или полученная работа)
10. Идеальный газ :
   1) газ, в котором отсутствует взаимодействие молекул, а сами молекулы
   2) представляют материальные точки
   3) газ, в котором кинетическая энергия всех молекул одинакова
   4) газ, состоящий из однородных молекул, не взаимодействующих друг с другом
   5) однородный газ, в котором молекулы представляют собой геометрические точки
11. 1 бар =____ Па
12. Абсолютное давление для газа, находящегося под избыточным давлением :
   1) $P_{абс} = P_{бар} + P_{изб}$
   2) $P_{абс} = P_{бар} - P$ разр
   3) $P_{абс} = P_{бар}$
13. Численное значение универсальной газовой постоянной R_{μ} : _____ Дж/(кмоль К)
14. Тепловой диаграммой называют координаты :
   1) P - υ
   2) T - S
   3) i - S
15. Первый закон термодинамики :
   1) $dq = du + d\ell$
   2) $dq = Tds$
   3) $pv = RT$
   4) $d\ell = pdv$

16. Определите, какая из кривых является изотермой :



1) №1
2) №2
3) №3
4) №4

17. Связь между параметрами в политропном процессе :
    1) $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$
    2) $v_1/T_1 = v_2/T_2$
    3) $p_{1/}T_1 = p_{2/}T_2$
    4) $p_1 v_1 = p_2 v_2$
18. Чему равен показатель политропы в изобарическом процессе:
    1) n = 1
    2) n = 0
    3) n = к
19. Как меняется энтропия при подводе тепла к рабочему телу :
    1) уменьшается
    2) остается постоянной
    3) увеличивается
20. Назовите процессы, построенные на графике :



1) 1- изохорный, 2-изобарный
2) 2-изохорный, 1-изобарный
3) 1- адиабатный, 2- изобарный
4) 1- адиабатный, 2- изохорный
5) ни один из ответов не верен

21. Расставьте в правильном порядке процессы, происходящие при работе поршневого компрессора :

1) нагнетание в ресивер, всасывание в цилиндр газа, переключение клапанов, сжатие;
2) всасывание в цилиндр газа, нагнетание в ресивер, переключение клапанов, сжатие;
3) всасывание в цилиндр газа, сжатие, нагнетание в ресивер, переключение клапанов;
4) сжатие, переключение клапанов, всасывание в цилиндр газа, нагнетание в ресивер.

22. Что такое степень сжатия в ДВС :

1) отношение объемов в цилиндре двигателя при положениях поршня в начале и конце процесса сжатия

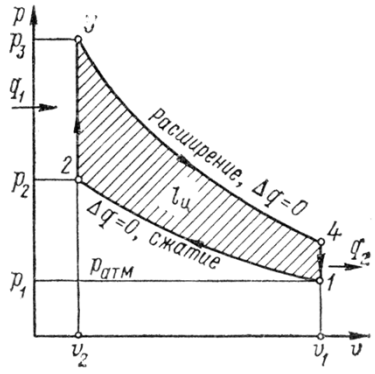
2) отношение наибольшего давления в цилиндре двигателя, образовавшегося в результате подвода теплоты, к давлению в конце процесса сжатия

3) отношение объемов в конце и начале подвода теплоты к рабочему телу при постоянном давлении

23. Как происходит воспламенение топлива в цикле Дизеля :

1) от искры свечи зажигания
2) от самовоспламенения

24. Какая линия из составляющих цикл Отто изображает рабочий ход :



1) 1-2
2) 4-1
3) 2-3
4) 3-4

25. Чему равна степень сухости на нижней пограничной кривой :

1) x = 1
2) x = 0
3) 0 < x < 1

26. Нижняя пограничная кривая разделяет :

1) кипящую жидкость и сухой насыщенный пар
2) кипящую жидкость и влажный насыщенный пар
3) влажный насыщенный и перегретый пар

27. Теплота парообразования :

1) количество теплоты, необходимое для превращения 1кг жидкости, нагретой до температуры кипения в сухой насыщенный пар при постоянном давлении (и постоянной температуре)
2) количество теплоты, необходимое для подогрева для 1кг воды от температуры Т0 = 276 К до температуры насыщения Тн
3) количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг сухого насыщенного пара при постоянном давлении в перегретый пар с температурой Тпе

28. Уравнение Клапейрона :
1) PV = mRT или P^{ν} = RT
2) PV^{μ} = R^{μ}T
3) $(p+\frac{a}{v^2})(v-b)=RT$

29. Отличие КЭС от ТЭЦ :
1) на КЭС вырабатывается тепло и электроэнергия
2) на КЭС вырабатывается тепло
3) на КЭС вырабатывается электроэнергия

30. Влажный воздух:
1) смесь сухого воздуха с водой
2) смесь сухого воздуха с водяным паром
3) смесь сухого воздуха с конденсатом

31. 1 бар = _____ мм вод. ст.

32. Укажите последовательность процессов в цикле паросиловой установки начиная с нагрева воды в котле
А) Парообразование в котле
Б) Адиабатное расширение пара в турбине
В) Подача конденсата в питательный бак с помощью конденсационного насоса
Г) Перегрев пара в пароперегревателе
Д) Нагрев воды в котле до температуры кипения
Е) Повышение давление конденсата при работе питательного насоса
Ж)Подача воды в котел
З) Конденсация пара в конденсаторе

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	з

33. Установите соответствие между названиями термодинамических циклов и их определениями:

А) Цикл Тринкле	1. Идеализированный термодинамический цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания,

ра	характеризующийся смешанным подводом тепла (частично изобарным, частично изохорным).
Б) Цикл Отто	2. Термодинамический цикл четырёхтактного бензинового двигателя, состоящий из двух изохорных процессов (подвод и отвод теплоты), двух адиабатных процессов (расширение и сжатие газа).
В) Цикл Дизеля	3. Термодинамический цикл дизельного двигателя, включающий два процесса расширения и сжатия газа, один процесс подачи топлива (тепла) при постоянном объёме и другой — при постоянном давлении.
Г) Цикл Ренкина	4. Термодинамический цикл паросиловых установок, применяемый в теплоэнергетике, состоящий из испарения воды, превращения пара в механическую работу турбины и конденсации отработанного пара обратно в воду.
Д) Цикл Карно	5. Идеально эффективный обратимый термодинамический цикл, используемый для оценки предельной эффективности теплового двигателя между двумя источниками различной температуры.

34. Установите соответствие между названиями процесса и их определениями:

А) Адиабата	1. Процесс изменения состояния системы без обмена теплом с окружающей средой.
Б) Изотерма	2. Процесс, происходящий при постоянной температуре (без изменения температуры).
В) Изохора	3. Процесс, протекающий при постоянном объеме рабочего тела.
Г) Изобара	4. Процесс, проходящий при постоянном давлении среды.
Д) Политропа	5. Процесс, при котором произведение давления и объема в степени n постоянно.

35.Установите соответствие между названиями термодинамического закона и его определениями:

А) Закон Шарля	1. Давление газа прямо пропорционально абсолютной температуре при постоянном объёме.
Б) Закон Гей-Люссака	2. Объём газа прямо пропорционален абсолютной температуре при постоянном давлении.
В) Закон Бойля-Мариотта	3. Произведение давления и объёма газа постоянно при неизменной температуре.
Г) Адиабатный процесс	4. Процесс без теплообмена с окружающей средой.

4 Выполнение практических и лабораторных работ

Задания для практических и лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях.

Задания для практических занятий

Задание 1 Масса 1 м³ метана при определенных условиях составляет 0,7 кг. Определить плотность и удельный объем метана при этих условиях.

Задание 2 В сосуде объемом 0,9 м³ находится 1,5 кг углерода. Определить удельный объем и плотность окиси углерода при указанных условиях.

Задание 3 Давление воздуха, измеренное ртутным барометром, равно 765 мм рт. ст. при температуре ртути t=20ºC. Выразить это давление в паскалях.

Задание 4 Найти абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает p=0,13 МПа, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет B=680 мм рт. ст. (90660 Па) при t=25ºC.

Задание 5 Скольким градусам шкалы Цельсия соответствуют температуры 100º и -4ºF и скольким градусам шкалы Фаренгейта соответствуют температуры 600º и -5ºC?

Задание 6 Определить массу кислорода, содержащегося в баллоне емкостью 60 л, если давление кислорода по манометру равно 1,08 МПа, а показание ртутного барометра 99325 Па при температуре 25ºC.

Задание 7 Определить массу углекислого газа в сосуде с объемом V=4 м³ при t=80 ºC. Давление газа по манометру равно 0,04 МПа. Барометрическое давление B=103990 Па.

Задание 8 Дымовые газы, образовавшиеся в топке парового котла, охлаждаются с 1200 до 250 ºС. Во сколько раз уменьшается их объем, если давление газов в начале и в конце газоходов одинаково?

Задание 9 Во сколько раз изменится плотность газа в сосуде, если при постоянной температуре показание манометра уменьшится от p_1=1,8 МПа до p_2=0,3 МПа? Барометрическое давление принять равным 0,1 МПа.

Задание 10 Какой объем будут занимать 11 кг воздуха при давлении p=0,44 МПа и температуре t=18 ºС?

Задание 11 Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15 ºС. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450 ºС. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа.

Задание 12 Смесь газов состоит из водорода и окиси углерода. Массовая доля водорода m_{H2}=0,67%. Найти газовую постоянную смеси и ее удельный объем при нормальных условиях.

Задание 13 Объемный состав сухих продуктов сгорания топлива (не содержащих водяных паров) следующий: CO_2=12,3%; O_2=7,2%; N_2=80,5%. Найти кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную, а также плотность и удельный объем продуктов сгорания при B=100 кПа и t=800ºС.

Задание 14 Газ коксовых печей имеет следующий объемный состав: H_2=57%; CH_4=23%; CO=6%; CO_2=2%; N_2=12%. Найти кажущуюся молекулярную массу, массовые доли, газовую постоянную, плотность и парциальные давления при 15ºС и 100 кПа.

Задание 15 Вычислить среднюю теплоемкость c_{pm} для воздуха при постоянном давлении в пределах 200-800ºС, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Задание 16 Определить среднюю массовую теплоемкость при постоянном объеме, для азота в пределах 200-800ºС считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Задание 17 В закрытом сосуде объемом V=300 л находится воздух при давлении p_1=0,8 МПа и температуре t_1=20 ºС. Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до t_2=120 ºС? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Задание 18 В сосуде объемом 300 л находится кислород при давлении p_1=0,2 МПа и температуре t_1=20 ºС. Какое количество теплоты необходимо подвести, чтобы температура кислорода повысилась до t_2=300 ºС? Какое давление установится при этом в сосуде? Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной.

Задание 19 Продукты сгорания топлива поступают в газоход парового котла при температуре газов $t'_г$=1100 ºС и покидают газоход при

температуре $t''_г$=700 ºС. Состав газов по объему: r_{CO2} = 11%; r_{O2} = 6%; r_{H2O} = 8%; r_{N2} = 75%. Определить, какое количество теплоты теряет 1 м³ газовой смеси, взятой при нормальных условиях.

Задание 20 Теплота сгорания топлива, выражаемая в кДж/кг, может быть также выражена в кВт·ч/кг. Принимая теплоту сгорания нефти равной 41900 кДж/кг, каменного угля 29300 кДж/кг, подмосковного бурого угля 10600 кДж/кг, выразить теплоту сгорания перечисленных топлив в кВт·ч/кг.

Задание 21 В сосуд, содержащий 5 л воды при температуре 20 ºС, помещен электронагреватель мощностью 800 Вт. Определить, сколько времени потребуется, чтобы вода нагревалась до температуры кипения 100 ºС. Потерями теплоты сосуда в окружающую среду пренебречь.

Задание 22 Свинцовый шар падает с высоты h=100 м на твердую поверхность. В результате падения кинетическая энергия шара полностью превращается в теплоту. Одна треть образовавшейся теплоты передается окружающей среде, а две трети расходуются на нагревание шара. Теплоемкость свинца c=0,126 кДж/(кг·К). Определить повышение температуры шара.

Задание 23 Автомобиль массой 1,5 т останавливается под действием тормозов при скорости 40 км/ч. Вычислить конечную температуру тормозов t_2, если их масса равна 15 кг, начальная температура t_1=10 ºС, а теплоемкость стали, из которой изготовлены тормозные части, равна 0,46 кДж/(кг·К). Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Задание 24 Сосуд емкостью 90 л содержит воздух при давлении 0,8 МПа и температуре 30 ºС. Определить количество теплоты, которое необходимо сообщить воздуху, чтобы повысить его давление при υ=const до 1,6 МПа. Принять зависимость c=f(t) нелинейной.

Задание 25 Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 2 м³ воздуха от 100ºС до 500ºС при избыточном постоянном давлении 0,2 МПа? Какую работу совершит при этом воздух? Давление атмосферы принять равным 101235 Па. Объемная средняя изобарная теплоемкость равна 1,3 кДж/(м³·К).

Задание 26 0,2 м³ воздуха с начальной температурой 18 ºС подогревают в цилиндре диаметром 0,5 м при постоянном давлении p=0,2 МПа до температуры 200 ºС. Определить работу расширения, перемещение поршня и количество затраченной теплоты, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Порядок выполнения лабораторной работы Определение изобарной теплоемкости воздуха

Опыты необходимо провести для трёх режимов при разных тепловых нагрузках электронагревателя (см. таблицу 1). Начинать исследование необходимо с первого режима (вариант А, Б, В или Г выбрать по

указанию преподавателя), затем перейти на второй режим и завершить опыт третьим режимом. Включение установки производится выключателем 11. При этом загорается контрольная лампочка зелёного цвета 12. Дать установке проработать несколько минут, дождаться установившегося режима, при котором $t_2 - t_1$ не будет изменяться. Записать показания амперметра (J), вольтметра U, тягонапоромера h, температур t_1, t_2. Аналогично снять показания для второго и третьего режимов. Выключить установку с помощью выключателя 11. Однако вентилятор будет продолжать работать с целью охлаждения электронагревателя. При снижении температуры нагревателя до требуемой вентилятор отключится автоматически.

Таблица 1 – Возможные режимы и варианты тепловых нагрузок электродвигателя

Номер выключателя	I режим				II режим				Ш режим			
	Вариант				Вариант				Вариант			
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
Верхний (3)	Вн из	Вв ерх	Вн из	Вв ерх	Вн из	Вв ерх	Вн из	Вв ерх	Вн из	Вв ерх	Вв ерх	Вн из
Средний (4)	Вн из	Вн из	Вв ерх	Вн из	Вн из	Вн из	Вн из	Вн из	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх
Нижний (5)	Вн из	Вн из	Вн из	Вн из	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх	Вв ерх

Обработка результатов опытов

Результаты необходимо обработать отдельно для каждого режима.

Таблица 2 - Результаты измерений

Режим	Сила тока, I, А	Напряжение, U,В	h, Па	Температура воздуха на входе,	Температура воздуха на выходе,

				t_1, °C	t_2, °C
I					
II					
III					

Контрольные вопросы

1. Дайте определение объёмной, массовой и мольной теплоёмкости. Какова связь между этими величинами?
2. В каких единицах измеряются теплоемкости?
3. Что такое истинная и средняя теплоемкость?
4. Что такое газовая постоянная и как она определяется?
5. Почему $C_p > C_V$?
6. Запишите уравнение Майера.
7. Как привести объем газа к нормальным условиям?
8. Опишите порядок выполнения лабораторной работы.

Раздел 2. Термодинамические процессы газов и паров

1 Устный опрос на практическом занятии

Перечень заданий для письменного опроса:

1. Перечислите все термодинамические процессы и нарисуйте их схематично в PV- и TS -координатах.
2. Изобразите изотермический и изобарический процессы в PV- и TS-координатах.
3. Изобразите изохорический и адиабатный процессы в PV- и TS-координатах
4. Изобразите изотермический и изохорический процессы в PV- и TS-координатах
5. Изобразите изотермический и адиабатный процессы в PV- и TS-координатах
6. Изобразите адиабатный и изобарический процессы в PV- и TS-координатах
7. Изобразите изохорический и изобарический процессы в PV- и TS-координатах

2 Индивидуальное домашнее задание для самостоятельного изучения темы по влажному воздуху

ЗАДАЧА № 1 ПО ТЕМЕ «ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ»

Определить истинную температуру мокрого термометра и температуру точки росы, если состояние влажного воздуха характеризуется следующими параметрами:

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
t, ° C	70	60	60	55	50	50	55	50
φ, %	10	15	20	25	30	40	10	15

ЗАДАЧА № 2 ПО ТЕМЕ «ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ»

В качестве сушильного агента используется воздух с параметрами t_1, и $\varphi_{1.}$ В калорифере он подогревается до t_2 и направляется в сушилку, откуда он выходит при tв . Определить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и теплоту на 1 кг испаренной влаги.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1, ° C	20	25	30	20	25	30	20	25
t_2, ° C	80	85	90	95	100	105	110	75
φ_1, %	50	60	70	60	50	70	50	60
tв, ° C	30	35	30	35	30	35	35	35

Перечень контрольных вопросов по влажному воздуху:

1. Область применения влажного воздуха
2. Определение понятия влажного воздуха
3. Закон Дальтона применительно к влажному воздуху
4. Три состояния влажного воздуха: насыщенный, ненасыщенный, пересыщенный
5. Влагосодержание влажного воздуха
6. Понятие абсолютной влажности
7. Понятие относительной влажности
8. Основные линии i-d диаграммы влажного воздуха
9. Процесс нагрева и охлаждения воздуха в i-d диаграмме
10. Процесс сушки в i-d диаграмме
11. Понятие температуры точки росы и температуры «мокрого» термометра

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

1. Работа – это:

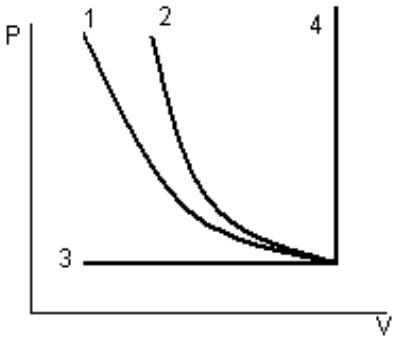
1) беспорядочное (хаотическое) движение микрочастиц (атомов, молекул и др.),
2) передача энергии в результате макроскопического упорядоченного движения микрочастиц,
3) количество передаваемой энергии в результате хаотического, ненаправленного движения микрочастиц

2. Закон Гей-Люссака:
   1) $P_1/P_2 = T_1/T_2$
   2) $\upsilon_1/\upsilon_2 = T_1/T_2$
   3) $P_1/P_2 = \upsilon_2/\upsilon_1$
3. Размерность объемной теплоемкости:
   1) Дж/кг К
   2) Дж/м^3 К
   3) Дж/кмоль К
4. Изохорный (изохорический) процесс:
   1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме
   2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении
   3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре
5. Энтропия определяется отношением:
   1) S= dq/dT
   2) S = dq/T
   3) S = dq/dτ
6. Единицей измерения давления в (СИ) является_____
7. Степень повышения давления:
   1) отношение объемов в цилиндре двигателя при положениях поршня в начале и конце процесса сжатия
   2) отношение наибольшего давления в цилиндре двигателя, образовавшегося в результате подвода теплоты, к давлению в конце процесса сжатия
   3) отношение объемов в конце и начале подвода теплоты к рабочему телу при постоянном давлении
8. Выберите правильное выражение :
   1) 1 Па = 7,5024* 10^{-3} мм рт.ст.
   2) 1Па = 0,01 мм рт.ст.
   3) 1 Па= 9,81 мм рт. ст.
   4) 1 Па = 100 мм рт.ст.
9. Абсолютное давление для газа, находящегося под разрежением :
   1) $P_{абс} = P_{бар} + P_{изб}$
   2) $P_{абс} = P_{бар} - P_{\text{разр}}$
   3) $P_{абс} = P_{бар}$
10. Размерность универсальной газовой постоянной R_μ:
    1) Дж/(кмоль К)
    2) Дж/ К
    3) Дж/(кг К)

4) Дж/кмоль

11. Рабочей диаграммой называют координаты :
    1) P - υ
    2) T - S
    3) i - S

12. Определите, какая из кривых является адиабатой:



1) №1
2) №2
3) №3
4) №4

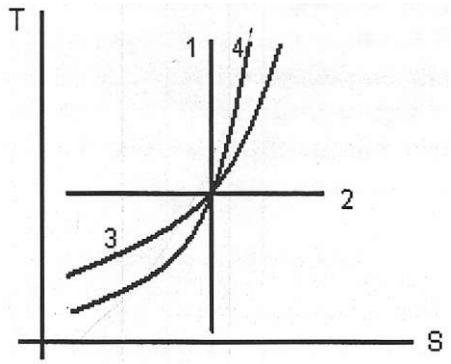
13. В каком процессе все подведенное тепло преобразуется в механическую работу
    1) в адиабатном
    2) в изохорном
    3) в изобарном
    4) в изотермическом

14. Связь между параметрами в изохорическом процессе :
    1) $p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$
    2) $v_1/T_1 = v_2/T_2$
    3) $p_1/T_1 = p_2/T_2$
    4) $p_1 v_1 = p_2 v_2$

15. Чему равен показатель политропы в изотермическом процессе:
    1) n = 1
    2) n = 0
    3) n = к
    4) n = ±∞

16. Как меняется энтропия в адиабатическом процессе :
    1) уменьшается
    2) остается постоянной
    3) увеличивается

17. Определите, какая из кривых является изобарой :



1) №1
2) №2
3) №3
4) №4

18. Для какого термодинамического процесса справедлива формула работы $l = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$:
    1) изотермического
    2) изохорного
    3) адиабатного
    4) изобарного
19. Для какого термодинамического процесса справедлива формула работы $l = 0$:
    1) изотермического
    2) изохорного
    3) адиабатного
    4) изобарного
20. Какой процесс сжатия в поршневом компрессоре более экономичен:
    1) политропный с отводом тепла
    2) адиабатический
    3) политропный с подводом тепла
    4) изохорный
    5) изотермический
21. Что такое степень сухости :
    1) масса сухого пара в 1 кг влажного
    2) масса влаги в 1 кг влажного пара
    3) масса влаги в 1 кг сухого пара
22. Верхняя пограничная кривая разделяет :
    1) кипящую жидкость и сухой насыщенный пар
    2) кипящую жидкость и влажный насыщенный пар
    3) влажный насыщенный и перегретый пар
23. Теплота жидкости :

1) количество теплоты, необходимое для превращения 1кг жидкости,

нагретой до температуры кипения в сухой насыщенный пар при

постоянном давлении (и постоянной температуре)

2) количество теплоты, необходимое для подогрева для 1кг воды от

температуры T_0 = 276 К до температуры насыщения $T_н$

3) количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг сухого насыщенного пара при постоянном давлении в перегретый пар с температурой $T_{пе}$

24. Закон Майера :
    1) PV = mRT или $P\nu$ = RT
    2) C_p-C_v=R
    3) $(p+\frac{a}{v^2})(v-b)=RT$
25. Состояние сухого насыщенного пара однозначно задается заданием :
    1) давления и температуры
    2) давления (или температуры)
    3) давления и степени сухости
26. Холодильный коэффициент :
    1) отношение полезно использованной теплоты цикла (или полученной работы) ко всему количеству подведенной теплоты
    2) отношение количества теплоты, отводимой в обратном цикле от охлаждаемой системы, к затраченной работе
    3) отношение количества подведенной теплоты к полезно использованной теплоте цикла (или полученной работе
27. Какому термодинамическому процессу соответствует расширение пара в турбине:
    1) изохорному
    2) изобарному
    3) изотермическому
    4) адиабатному
28. В обратных термодинамических циклах происходит :
    1) передача тепла от более нагретого источника к более холодному
    2) передача тепла от более холодного источника к более нагретому
29. Абсолютная влажность воздуха :
    1) масса водяного пара в 1 $м^3$ сухого воздуха
    2) масса водяного пара в 1 $м^3$ влажного воздуха
    3) масса водяного пара во влажном воздухе
30. Теплоемкость адиабатного процесса :
    1) всегда больше нуля
    2) равна нулю
    3) равна C*v*(n-k)/(n-l)
    4) равна ±∞
31. Установите соответствие между показателем степени термодинамического процесса n и его названием pv^n=const:

n=0	Изобарный процесс
n=1	Изотермический процесс
n	Политропный процесс
n=∞	Изохорный процесс
n=k	Адиабатный процесс

32. _____ — это термодинамическая функция состояния системы, равная сумме внутренней энергии системы и произведения давления на объём
33. _____ — мера беспорядка или хаотичности системы. Можно представить её как меру случайности молекулярного движения частиц в веществе.
34. _____ — линия постоянного давления на термодинамическом графике. То есть это график какого-либо термодинамического процесса, протекающего при неизменном давлении.
35. _____ — линия постоянной температуры на термодинамическом графике. Это изображение процесса, происходящего при неизменной температуре системы
36. Установите соответствие между физической величиной и ее единицей измерения:

А) Энергия	1. Дж
Б) Мощность	2. Вт
В) Работа	
Г) Теплота	

37. Установите соответствие между термином и определением :

Внутренняя энергия	A. Свойство системы количественно отражающее степень хаоса молекулярного движения.
Энтальпия	B. Количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы вещества на единицу температуры.
Энтропия	C. Энергия молекул и атомов внутри вещества, включая кинетическую энергию частиц и потенциальную энергию взаимодействия между ними.
Теплоемкость	D. Суммарное количество теплоты, выделяемое или поглощаемое веществом при изменении агрегатного состояния (например, плавления или кипения).
Удельная теплота фазового перехода	E. Сумма внутренней энергии и произведения давления на объем.

38. Установите соответствие между термином и определением :

Квазистатический процесс	A. Максимальная эффективность теплового двигателя, работающего между источником высокой и низкой температур.
Обратимый процесс	B. Принцип сохранения энергии, утверждающий равенство суммы прироста внутренней энергии и произведённой работы количеству подведенной теплоты.

Необратимый процесс	C. Процесс, бесконечно медленно приближающийся к равновесию во всех промежуточных состояниях.
КПД цикла Карно	D. Любой реальный процесс, сопровождающийся потерями энергии вследствие диссипации, трении, теплопроводности и др., приводящими систему к состоянию неравновесия.
Первый закон термодинамики	E. Теоретически возможный процесс, который протекает без потерь и возможно вернуть систему точно в исходное состояние.

4 Выполнение практических и лабораторных работ

Задания для практических и лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях.

Здания для практических работ

Задание 1

Определить истинную температуру мокрого термометра и температуру точки росы, если состояние влажного воздуха характеризуется параметрами, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры влажного воздуха

Номер варианта	t, °C	φ, %
1	70	10
2	60	15
3	60	20
4	55	25
5	50	30
6	50	40
7	55	10
8	50	15
9	40	20
10	45	25
11	35	30
12	40	35
13	40	40
14	70	10
15	75	15

16	55	20
17	55	25
18	40	30
19	45	35
20	45	40
21	45	25
22	35	20
23	35	30

Задание 2

В качестве сушильного агента используется воздух с параметрами t_1, и φ_1 (таблица 2). В калорифере он подогревается до температуры t_2 и направляется в сушилку, откуда он выходит при температуре $t_в$. Определить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и теплоту на 1 кг испаренной влаги.

Таблица 2 – Параметры воздуха

Номер варианта	t_1, °C	t_2, °C	φ_1, %	$t_в$, °C
1	20	80	50	30
2	25	85	60	35
3	30	90	70	30
4	20	95	60	35
5	25	100	50	30
6	30	105	70	35
7	20	110	50	35
8	25	75	60	35
9	30	80	70	30
10	20	85	55	35
11	25	90	65	30
12	30	95	75	35
13	20	100	45	30
14	25	105	40	35
15	30	110	60	30
16	20	85	55	35
17	25	75	60	30
18	30	90	50	35
19	20	95	70	30
20	25	100	55	35
21	30	105	60	30

22	20	110	50	35
23	25	80	50	30
24	30	90	55	35

Контрольные вопросы для самостоятельной работы

1. Что называется абсолютной влажностью воздуха?
2. Что называется относительной влажностью воздуха?
3. Какие процессы обозначают линии в Id-диаграмме?
4. Что такое истинная температура мокрого термометра?
5. Как определить точку росы по Id-диаграмме?
6. В чем состоит графическая особенность Id-диаграммы?
7. Какие задачи можно решать с помощью Id-диаграммы?
8. В каких состояниях может находиться влажный воздух?
9. Как изменяется относительная влажность воздуха при его нагревании и охлаждении?
10. Как рассчитать процесс сушки с помощью Id-диаграммы?

Порядок выполнения работы Исследование изохорного процесса

1. С помощью выключателя 5 включить установку. При этом должна загореться зеленая лампочка 6.
2. Нажать на кнопку 7. Показания амперметра будут свидетельствовать о работе электронагревателя.
3. Приготовить часы с секундной стрелкой.
4. Начиная с избыточного давления в 0,4 кгс/см^2 через каждые 0,05 кгс/см^2 до 0,7 кгс/см^2 снять показания манометра, электронного потенциометра и часов (с точностью до секунды).
5. Отдельно снять и записать показания амперметра I (А) и барометра $P_{бар}$ (мм рт. ст.).
6. Выключить установку выключателем 5. При этом должна погаснуть зеленая лампочка 6.
7. Результаты изменений и вычислений занести в таблицу 4 по нижеприведенной форме:

Таблица 4 – Результаты измерений и вычислений

Результаты измерений	Результаты вычислений

Показания манометра, $P_{изб}$, кгс/см^2	Показания потенциометра, t, ^{0}C	Текущее время, т, ч, мин, с	Абсолютное давление, Р, кгс/см^2	Абсолютная температура, Т, К	Временной промежуток, Δт, с	Отношение Р/Т, кгс/(см2/К)

Контрольные вопросы

1. Дайте определения основным термодинамическим процессам.
2. Изобразите графически различные термодинамические процессы в Pv- и TS-координатах.
3. Запишите уравнения всех термодинамических процессов.
4. Дайте определение удельной теплоемкости.
5. Почему $C_p > C_V$?
6. Запишите соотношение параметров состояния в изохорном процессе.
7. Запишите математическую формулировку первого закона термодинамики.
8. Запишите первый закон термодинамики для изохорного процесса.
9. Дайте определение нормальных условий.
10. С какой целью объем газа V приводят к нормальным условиям V_o?
11. Опишите порядок выполнения лабораторной работы.

Порядок выполнения лабораторной работы Исследование политропного процесса

Вращением ручки вентиля по часовой стрелке плотно перекрыть выходное отверстие сосуда. Включить установку. По электронному термометру определить начальную температуру t газа в сосуде. Включить компрессор и довести в сосуде избыточное давление по манометру до 4 кгс/см^2. Выключить компрессор.

Воздух при закачивании в сосуд нагрелся, поэтому необходимо выждать около одной минуты, чтобы его температура снизилась до первоначального значения t. Давление газа также несколько уменьшится (примерно до 3,5 кгс/см^2). После этого можно приступать к исследованию, записав в таблицу температуру t и давление (по манометру) $P_{изб.1}$ газа.

Осторожным вращением против часовой стрелки немного приоткрыть вентиль. Воздух должен истекать из сосуда очень медленно – процесс будет приближаться к изотермическому. Когда давление (по манометру) снизится до $P_{изб.2} \approx 0{,}2$ кгс/см^2, быстро закрыть вентиль.

После истечения воздуха его температура несколько уменьшится по сравнению с начальным значением t. Поэтому после закрытия вентиля нужно ещё раз выждать около одной минуты, пока температура газа не достигнет t. Записать показания манометра $P_{изб.3}$. Опыт следует провести ещё два раза при разных скоростях истечения: во втором случае истечение должно происходить интенсивнее первого, в третьем случае – интенсивнее второго. Желательно, чтобы во всех опытах давления были абсолютно одинаковыми. Различными будут лишь в каждом опыте давления $P_{изб.3}$.

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 5 по нижеприведенной форме:

Таблица 5 – Результаты измерений и вычислений

Номер опыта	Результаты измерений			Результаты вычислений			
	Избыточное давление, кгс/см^2			Абсолютное давление, кгс/см^2			n
	$P_{изб.1}$	$P_{изб.2}$	$P_{изб.3}$	P_1	P_2	P_3	
1							
2							
3							

По окончании исследования установку необходимо выключить, воздух из сосуда полностью выпустить.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется политропным?
2. При каких условиях основные термодинамические процессы будут политропными?
3. Написать уравнение политропы и указать пределы изменения показателя политропы.
4. Чем отличается избыточное давление от абсолютного?
5. При каких условиях может протекать адиабатический процесс?
6. Опишите порядок выполнения работы.

Порядок выполнения лабораторной работы Исследование процессов во влажном воздухе

Перед началом опыта стаканчики заполняются водой, и ткань увлажняется.

При помощи психрометра замеряется относительная влажность комнатного воздуха **φ**, поступающего в калорифер.

После этого включается вентилятор (кнопка «Пуск») и калорифер (Автомат питания), рисунок 11.

При помощи трансформатора следует установить такую мощность нагревателя, чтобы температура за калорифером была 50-60 °С. Температура измеряется потенциометром при положении 1 переключателя.

Стационарный режим сушки характеризуется постоянством относительной влажности воздуха за сушилкой. Относительная влажность определяется при помощи показаний сухой и мокрой термопар. Если их показания не меняются во времени, то стационарный режим установился. Температура воздуха после сушки замеряется термопарой в положении 2 переключателя. Показания сухой термопары перед вентилятором – в положении 3, а мокрой – в положении 4 (рисунки 10,11).

После выхода на стационарный режим сушки начинается собственно опыт, который продолжается 15 минут.

Через каждые 3 минуты следует записывать показания всех термопар. Одновременно измеряются значения силы тока **I** и напряжения **U** с помощью амперметра и вольтметра.

Результаты записываются в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты измерений

№ опыта	Относительная влажность, **φ%**	Показания дифманометра, мм вод.ст.**Па**	Сила тока, **I** А	Напряжение, **U**, В	Начальная температура воздуха t_1, °С	Температура сушильного агента, °С			
						После калорифера, t_2	После сушилки, t_3	Перед вентилятором	
								Сухая термопара, t_4	Мокрая термопара, $t_{м4}$

Контрольные вопросы

1. Что такое влажный воздух?
2. Сформулируйте закон Дальтона для влажного воздуха.
3. Что такое относительная влажность воздуха?
4. Что такое влагосодержание?
5. Что такое «точка росы»?
6. Как изображаются процессы нагрева (охлаждения) и сушки в i–d-диаграмме?

Раздел 3. Термодинамические циклы

1 Устный опрос на практическом занятии

Проводится для определения степени усвоения лекционного и самостоятельно изученного материала.

Перечень вопросов и заданий для устного опроса:

1. Круговые процессы (циклы) – прямые и обратные
2. Цикл Карно
3. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)
4. Циклы газотурбинных установок (ГТУ)
5. Циклы паротурбинных установок (ПТУ)
6. Цикл поршневого компрессора
7. Циклы холодильных установок
8. Тепловые насосы
9. Представить цикл Тринклера в PV-координатах
10. Представить цикл Отто в TS-координатах
11. Представить цикл Дизеля в PV-координатах
12. Представить цикл Дизеля в TS-координатах
13. Представить цикл Карно в PV-координатах
14. Перевести заданный цикл из рабочей диаграммы в тепловую

2 Деловая игра

Деловая игра проводится на практическом занятии с целью определения степени усвоения материалов лекций и практических занятий.

Представляя игру, преподаватель предлагает обучающимся проанализировать работу паросиловой установки сначала индивидуально, а затем, разбившись на команды по 3-5 человек в каждой команде. Количество команд определяется составом группы.

Ресурсное обеспечение деловой игры: методические указания и таблица (выдаются обучающимся в начале занятия).

Укажите последовательность процессов, происходящих в паросиловой установке

Процесс	**Инд.оц.**	**Гр.оц.**	**Эксперт**	**Инд.ош.**	**Гр.ош.**
Парообразование в котле					
Адиабат.расширение пара в турбине					
Подача конденсата в питательный бак с помощью конденс.насоса					
Перегрев пара в пароперегревателе					
Нагрев воды в котле до t кипения					

Повышение давления конденсата при работе питательного насоса					
Подача воды в котел					
Конденсация пара в конденсаторе					
Итого:					

По окончании игры преподаватель:

− предлагает командам проанализировать результаты индивидуальных и коллективного ответов и подвести итог (лучший и худший индивидуальный ответ, итог командной работы и др.);

− отчеты всех команд представляет в виде таблицы на доске и делает окончательный вывод по работе отдельных обучающихся и команд в целом.

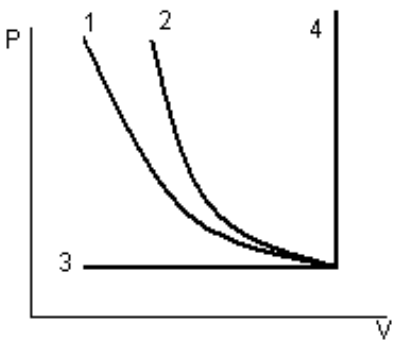
Длительность выполнения задания 30-45 минут.

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

1. _____ – количество передаваемой энергии в результате хаотического, ненаправленного движения микрочастиц
2. Закон Бойля-Мариотта:
   1) $P_1/P_2 = T_1/T_2$
   2) $\upsilon_1/\upsilon_2 = T_1/T_2$
   3) $P_1/P_{2} = \upsilon_2/\upsilon_1$
3. Размерность мольной теплоемкости в системе СИ _____:
4. Адиабатный (адиабатический) процесс:
   1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме
   2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении
   3) процесс, происходящий в системе в отсутствие теплообмена тела с окружающей средой
5. Теплоемкость определяется отношением:
   1) c = dq/dT
   2) c = dq/T
   3) c = dq/dτ
6. В политропном процессе:
   1) параметры состояния (P, T, υ) не меняются
   2) изменяются 2 параметра состояния из 3 основных (P, T, υ)
   3) изменяются все 3 основных параметра состояния (P, T, υ)

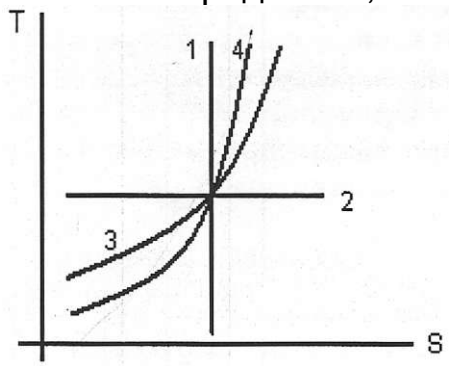
7. Единицей измерения удельной энтальпии в (СИ) является _____
8. Степень предварительного расширения:
   1) отношение объемов в цилиндре двигателя при положениях поршня в начале и конце процесса сжатия
   2) отношение наибольшего давления в цилиндре двигателя, образовавшегося в результате подвода теплоты, к давлению в конце процесса сжатия
   3) отношение объемов в конце и начале подвода теплоты к рабочему телу при постоянном давлении
9. Выберите из вариантов ответов вариант с основными параметрами состояния рабочего тела :
   1) T, S, P
   2) U, i, υ
   3**) T, υ, P**
   4) T, υ, U
   5) S, υ, P
10. 1 атм = _____ ат
11. Теплоемкость :
   1) количество тепла, поглощаемое телом за единицу времени
   2) количество тепла, выделяемое телом за при охлаждении его от 100^{o}C до 0^{o}C
   3) количество тепла, необходимое для нагрева единицы количества вещества на 1^{o}C
12. В T – S - координатах площадь под кривой процесса равна :
   1) работе процесса
   2) количеству подведенного тепла
   3) количеству отведенного тепла
   4) теплоте процесса
13. Работа в процессе υ=const:
   1) $l = p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$
   2) $l = p(v_2 - v_1)$
   3) равна нулю
   4) $l = \frac{1}{k-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2)$
14. Определите, какая из кривых является адиабатой :



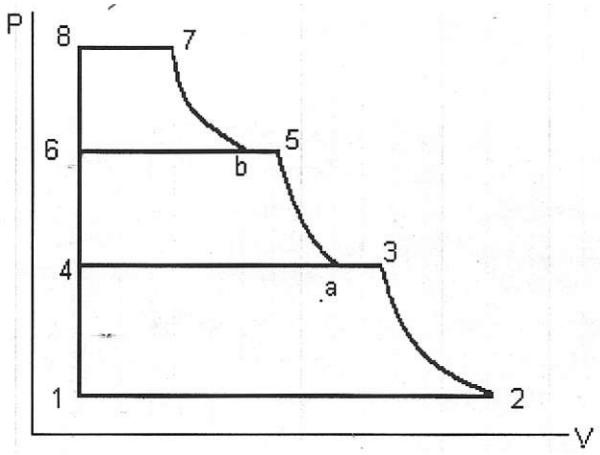
1**)** №1
2) №2
3) №3
4) №4

15. Связь между параметрами в адиабатическом процессе :
    1) $p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$
    2) $v_1/T_1 = v_2/T_2$
    3) $p_1/T_1 = p_2/T_2$
    4) $p_1 v_1 = p_2 v_2$
16. Пределы изменения показателя политропы n
    1) от 0 до +∞
    2) от -∞ до 0
    3) от -∞ до +∞
    4) от 0 до k
17. Показатель адиабаты к :
    1) $k = c_p - c_v$
    2) $k = c_p / c_v$
    3) $k = c_v - c_p$
    4) $k = c_v / c_p$
18. Для какого термодинамического процесса справедлива формула работы $l = p(v_2 - v_1)$:
    1. изотермического
    2. изохорного
    3. адиабатного
    4. изобарного

19. Определите, какая из кривых является изохорой :



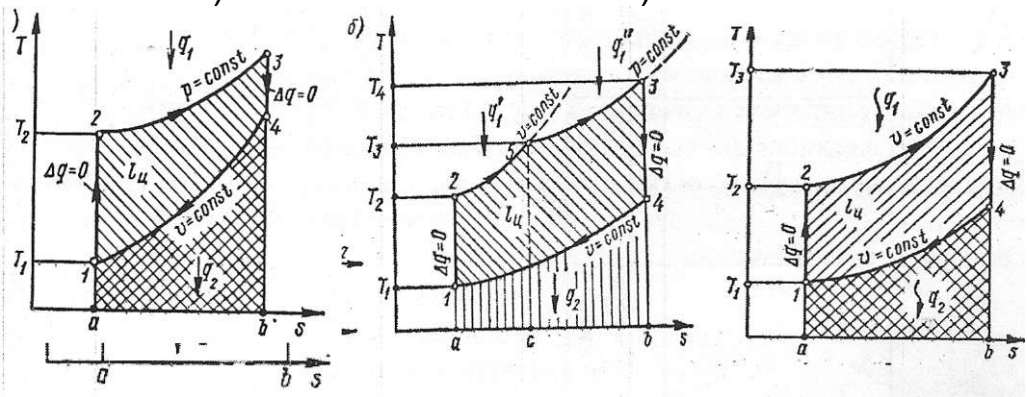
    1) №1
    2) №2
    3) №3
    4) №4
20. В цикле многоступенчатого компрессора линии 3-a и 5-b означают



1) нагнетание в ресивер
2) сжатие в цилиндре
3) охлаждение в ресивере
4) всасывание газа в цилиндр

21. На какой из приведенных диаграмм в TS координатах изображен цикл Отто:

1) 2) 3)



22. Верхняя пограничная кривая соответствует параметрам :

1) сухого насыщенного пара
2) кипящей воды
3) влажного насыщенного пара

23. Теплота перегрева :

1) количество теплоты, необходимое для превращения 1кг жидкости, нагретой до температуры кипения в сухой насыщенный пар при постоянном давлении (и постоянной температуре)

2) количество теплоты, необходимое для подогрева для 1кг воды от температуры T_0 = 276 К до температуры насыщения $T_н$

3)количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг сухого

насыщенного пара при постоянном давлении в перегретый пар с температурой $T_{пе}$

24. Уравнение Менделеева - Клапейрона :

1) PV = mRT или $P\nu$ = RT
2) $PV\mu = R\mu T$
3) $(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$

25. Состояние влажного насыщенного пара однозначно задается заданием :

1) давления и температуры
2) давления (или температуры)
3) давления и степени сухости

26. Теплоемкость адиабатного процесса :

1) всегда больше нуля
2) равна нулю
3) равна C*v*(n-k)/(n-l)
4) равна ±∞

27. Обратные термодинамические циклы реализуют работу :

1. тепловых двигателей
2. холодильных установок

28. Относительная влажность воздуха :

1) отношение абсолютной влажности воздуха к максимально возможной при данном давлении и температуре, когда воздух насыщен водяным паром
2) отношение масса водяного пара в 1 м^3 влажного воздуха к максимально возможной при данном давлении и температуре, когда воздух насыщен водяным паром
3) отношение масса водяного пара в 1 м^3 сухого воздуха к максимально возможной при данном давлении и температуре, когда воздух насыщен водяным паром

29. Турбина:

1) тепловая машина, в которой энергия нагретого и сжатого пара (газа) при его расширении превращается в механическую работу
2) устройство для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле
3) комплекс устройств для получения пара или для нагрева воды под давлением

30. Реальный процесс сжатия в поршневом компрессоре протекает :

1) по изотерме
2) по адиабате
3) по политропе с n>k
4) по политропе с n<k

31. _____ — линия постоянного объёма на термодинамическом графике. Значит, изображённый процесс протекает при постоянстве объёма системы.

32. _____ — линия постоянного значения энтропии на термодинамическом графике. Иначе говоря, это процесс, идущий при неизменной величине энтропии системы.
33. _____ — линия постоянного значения энтальпии на термодинамическом графике. Изображает процесс, при котором величина энтальпии остаётся неизменной.
34. _____ — линия, отображающая адиабатический процесс, то есть такой процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и внешней средой.
35. Установите соответствие между термином и определением:

Второй закон термодинамики	A. Устройство, преобразующее теплоту в механическую работу посредством циклических процессов.
Коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя	B. Соотношение полезно использованной механической работы к затраченному количеству теплоты.
Тепловая машина	C. Аппарат, предназначенный для охлаждения рабочих тел путём переноса теплоты от менее нагретых тел к более горячим с затратой внешней энергии.
Холодильная установка	D. Физическое утверждение невозможности полного превращения всей полученной системой теплоты в работу.
Регенеративный теплообменник	E. Теплообменник, обеспечивающий передачу части теплоты продуктов горения холодному воздуху перед подачей воздуха в камеру сгорания.

36. Установите соответствие между термином и определением:

Изотермическое расширение	A. Процессы изменения состояния газа, происходящие при постоянных значениях температуры соответственно.
Изохорный нагрев	B. Расширение газа при сохранении постоянной температуры, сопровождаемое передачей теплоты извне.
Изобарный охлаждение	C. Система, не обменивающаяся ни массой, ни энергией с окружающей средой.
Адиабатное сжатие	D. Нагрев газа при фиксированном объёме, сопровождающийся увеличением давления и температуры.
Полностью изолированная система	E. Охлаждение газа при постоянном давлении, приводящее к уменьшению температуры и объёма.

37. Установите соответствие между термином и определением:

Круговой цикл	A. Фундаментальное понятие термодинамической науки, представляющее разность между общей доступной энергией и минимальной работой, необходимой для достижения данной формы энергии.
Прямой цикл	B. Повторяющиеся изменения состояния рабочей среды, возвращающие её в начальную точку, способные производить механическую работу.
Обратный цикл	C. Термически прямой цикл, служащий для производства механической работы путем передачи теплоты от горячего резервуара к холодному.
Эксергия	D. Контрцикл, работающий в обратном направлении для перекачки теплоты от холодного источника к горячему с потреблением внешней энергии.

4 Выполнение практических и лабораторных работ

Задания для практических и лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях.

Здания для практических занятий

Задание 1

Определения теоретического и действительного КПД

Определение теоретического и действительного КПД при заданных

P_1 *и* t_1

Для определения энтальпии в координатах i-S строится график процессов теоретического и действительного расширения пара в турбине,. Действительный процесс расширения пара в турбине сопровождается потерями, учитываемыми КПД. В результате линия действительного процесса (1-2д) отклоняется вправо от идеального (адиабатного) процесса расширения.

$h_0 = i_1 – i_2$ – располагаемый теплоперепад;

$h_i = h_0 \cdot \eta_{0i}$ – действительный теплоперепад,

где η_{0i} – относительный внутренний КПД турбины (выбирается в пределах 71-80%).

Значения энтальпий i_1, i_2, i_{2d} определяются по i-S- диаграмме после построений процессов теоретического и действительного расширения пара в турбине, а энтальпия конденсата i_2 – по таблицам водяного пара по величине давления в конденсаторе P_2=0,004МПа.

Определение теоретического и действительного КПД при заданных

P_1^{II} *и* t_1^{II}

Изменение термического КПД с использованием пара более высоких начальных параметров P_1^{II} и t_1^{II} определяется по сроответсвующимформула.

Задание 2

Задача студентов – в условиях ограниченного времени расположить процессы, происходящие в паросиловой установке, в нужной последовательности, что будет свидетельствовать о понимании сути процессов, составляющих термодинамический цикл Ренкина. Форма таблицы представлена ниже, таблица 1. Строки таблицы – термодинамические (и нетермодинамические) процессы, протекающие в паросиловой установке. Столбцы (слева направо):

индивидуальная оценка,
командная оценка,
оценка эксперта,
индивидуальная ошибка,
командная ошибка.

Таблица 1 – Блиц-игра «Работа паросиловой установки»

Процесс	Индиви-дуальная оценка	Команд-ная оценка	Эксперт	Индиви-дуальная ошибка	Команд-ная ошибка
Парообразование в котле					
Адиабатное расширение пара в турбине					
Подача конденсата в питательный бак с помощью конденсационного насоса					
Перегрев пара в пароперегревателе					
Нагрев воды в котле до температуры					

кипения					
Повышение давления конденсата при работе питательного насоса					
Подача воды в котел					
Конденсация пара в конденсаторе					
Итого:					

Укажите последовательность процессов, происходящих в паросиловой установке.

Особенности основной части полностью определяются выбранной формой интерактивного занятия (в данном случае – это блиц-игра), а также темой занятия.

Этапы достижения поставленных целей расписаны в таблице 2.

Таблица 2 – Алгоритм действий преподавателя и студентов

Этапы	Преподаватель	Студенты
1	Предлагает студентам ознакомиться с содержанием таблицы 1 и поясняет порядок заполнения графы «Индивидуальная оценка»	Знакомятся
2	Предлагает студентам заполнить графу «Индивидуальная оценка»	Заполняют
3	Предлагает студентам разбиться на группы (команды)	Составляют команды
4	Предлагает командам заполнить графу « Командная оценка»	Обсуждают при наличии разногласий, принимают командное решение и заполняют
5	Предлагает студентам заполнить графу «Эксперт», т.е. предлагает правильный вариант ответа	Заполняют
6	Предлагает студентам	Заполняют

	заполнить графы «Индивидуальная ошибка» и «Командная ошибка» (по результатам сравнения с ответом эксперта)	
7	Предлагает командам обсудить полученные результаты по предложенной схеме обсуждения. Наблюдает за результатами обсуждения и делает выводы.	Принимают схему и обсуждают
8	Предлагает командам доложить результаты обсуждения . По итогам делает вывод и называет команду-победителя.	Выбирают представителя и докладывают

Этапы 1, 2.

На этих этапах преподаватель должен исключить всякую коммуникацию между студентами и Интернетом (можно разместить их по одному человеку на парте и т.д.). На этом этапе важно также, чтобы начальный процесс цикла у всех участников игры был одинаковым, например, начальным процессом в цикле Ренкина все обучающиеся принимают процесс нагрева воды в котле до температуры кипения.

Этапы 3, 4.

На этих этапах происходит сегментация аудитории по желанию участников – формируются команды (в зависимости от количества участников игры по 3-5человек) и организация коммуникации между членами каждой команды.

Этапы 5, 6.

Перед выполнением этих этапов преподаватель кратко излагает методику подсчета ошибок: индивидуальных и командных.

Результативная часть занятия (рефлексия)

Результативная часть занятия традиционно имеет два аспекта – эмоциональный и оценочный. В рамках данного занятия более важным представляется второй аспект, выявляющий отношение участников к содержательному аспекту использованных методик, актуальности выбранной темы и др.

Этапы 7, 8.

Перед выполнением этих этапов преподаватель предлагает при обсуждении результатов ответить на следующие вопросы:

- У кого из членов команды лучший результат и какой?
- У кого из членов команды худший результат и какой?
- Как сработала команда относительно лучшего и худшего результатов?

Если позволяет время, то можно провести рефлексию на эмоциональном уровне примерно по таким вопросам:

- Что произвело на вас наибольшее впечатление?
- Что вам помогало в процессе занятия для выполнения задания, а что мешало?
- Есть ли что-либо, что удивило вас в процессе занятия?
- Чем вы руководствовались в процессе принятия решения при работе в команде?
- Насколько было толерантным поведение членов команды при принятии командного решения?
- Как вы оцениваете свои действия и действия команды?
- Если бы вы играли в эту игру еще раз, чтобы вы изменили в модели своего поведения?

Рефлексия заканчивается общими выводами, которые делает педагог на основе анализа этапа 7 (см. таблицу 2). Здесь преподаватель должен организовать коммуникации между командами. Этот шаг является особенно эффективным, если занятие проводится с достаточно большой аудиторией. Этот этап требует определенной квалификации преподавателя в области педагогики и психологии обучения, но чрезвычайно эффективен с точки зрения мотивации студентов, т.к. анализируя обсуждение в командах, преподаватель имеет возможность оценить уровень сформированности некоторых общекультурных компетенций у некоторых студентов (к сожалению, не у всех, а только у тех, кто проявлял активность в дискуссии). Уровень же профессиональных компетенций по выбранной теме оценивается по столбцу таблицы 1 «Индивидуальная оценка».

Порядок выполнения лабораторной работы Исследование цикла парокомпрессорной холодильной установки

Проведение исследования можно начинать после 15-20-минутной непрерывной работы кондиционера. При нажатии на соответствующие кнопки (1-2-3-4) электронного потенциометра определить температуры

t_1, t_2, t_3, t_4. Снять показания амперметра и вольтметра. Результаты измерений занести в таблицу 8 по нижеприведенной форме:

Таблица 8 - Результаты измерений

Температуры рабочего тела				Сила тока, I, A	Напряжение, U,B
t_1, ^0C	t_2, ^0C	t_3, ^0C	t_4, ^0C		

После этого установку можно выключить.

Контрольные вопросы

1. Опишите работу холодильной установки.
2. Изобразите идеальный цикл парокомпрессорной холодильной установки в TS – диаграмме.
3. Что такое холодильный коэффициент?
4. Что такое холодопроизводительность?
5. С какой целью вводится Pi – диаграмма?
6. Что такое степень сухости пара?
7. Опишите порядок выполнения лабораторной работы.

Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Термодинамика – теоретическая основа изучаемой дисциплины
2. Понятие рабочего тела и термодинамической системы
3. Идеальные и реальные газы
4. Параметры и уравнения состояния
5. Закон Авогадро и практический смысл его следствия
6. Способы задания состава газовых смесей
7. Теплоемкость газов и их смесей
8. Понятие теплоты и работы
9. Основные термодинамические функции – внутренняя энергия, энтальпия, энтропия
10. Первый и второй законы термодинамики
11. Термодинамические процессы идеального газа
12. Уравнение политропы
13. Водяной пар и его использование в технике
14. Pv-, TS- и iS- диаграммы водяного пара
15. Таблицы водяного пара

16. Основные параметры влажного воздуха
17. id-диаграмма влажного воздуха и ее использование в технике в расчетах процессов сушки и нагрева (охлаждения)
18. Прямые и обратные циклы
19. Цикл Карно
20. Циклы двигателей внутреннего сгорания
21. Циклы газотурбинных установок
22. Циклы паротурбинных установок
23. Цикл поршневого компрессора.
24. Многоступенчатое сжатие
25. Циклы холодильных установок
26. Тепловые насосы