ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00F4B67E122A6B91B2FAA7440371E3BE84
Владелец: Давыдов Иван Александрович
Действителен: с 20.04.2022 до 14.07.2023

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

УТВЕРЖДАЮ

Директор

_____/Давыдов И.А.

____31.03_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

_____ Основы теплотехники_____
наименование – полностью

направление (специальность) 08.03.01 Строительство_____
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) _«Промышленное и гражданское строительство»
наименование – полностью

уровень образования: бакалавриат

форма обучения: ____очно-заочная_____
очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: __2_____ зачетных единиц(ы)

1

Кафедра Техническая механика

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от _31.03_ 2022 г. №_02/22___

Заведующий кафедрой _____М.Н. Каракулов

_____31.03_____ 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану направления 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство»

Председатель учебно-методической комиссии по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство»

_____ М.Н. Каракулов

_____31.03_____ 2022 г.

Руководитель образовательной программы _____М.Н. Каракулов

_____31.03_____ 2022 г.

Аннотация к дисциплине

Название дисциплины	Основы теплотехники
Направление подготовки (специальность)	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль/программа/специализация)	Промышленное и гражданское строительство, Городское строительство и хозяйство, Водоснабжение и водоотведение, Теплогазоснабжение и вентиляция, Проектирование зданий, Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение зданий, сооружений, населенных пунктов
Место дисциплины	Обязательная часть Блока 1 «Дисциплины (модули)»
Трудоемкость (з.е. / часы)	2 з.е. / 72 часа
Цель изучения дисциплины	Изучение теоретических основ знаний в области теплотехники, необходимых для дальнейшего изучения ряда дисциплин профессионального цикла направления 08.03.01 «Строительство»
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата
Содержание дисциплины (основные разделы и темы)	Первый закон термодинамики Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа Второй закон термодинамики Водяной пар и его свойства Рабочие процессы и циклы энергетических установок Основные положения и законы теории тепломассообмена. Способы переноса теплоты. Теплопроводность Влажный воздух
Форма промежуточной аттестации	зачет

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью освоения дисциплины является изучение теоретических основ знаний в области теплотехники, необходимых для дальнейшего изучения ряда дисциплин профессионального цикла направления 08.03.01 «Строительство»

Задачи дисциплины**:**

- изучение теоретических основ технической термодинамики, циклов тепловых машин, а также различных режимов теплообмена.
- приобретение умений и практических навыков определения термодинамических параметров рабочих тел тепломеханических систем.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п З	Знания
1.	физические величины и физические константы, их определения, смысл, способы и единицы из измерения
2.	методы решения теоретических и экспериментальных задач
3.	методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам в области технической термодинамики

Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п У	Умения
1.	проводить математический анализ прикладных задач
2.	выполнять экспериментальные исследования термодинамических процессов по заданным методикам

Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	физического моделирования для решения прикладных задач по будущей специальности
2.	экспериментального исследования термодинамических процессов по заданным методикам

Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	1-3	1-2	1-2
	ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического и экспериментального исследований	1-3	1-2	1-2
	ОПК-1.5 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	1-3	1-2	1-2

3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».
Дисциплина изучается на 3 курсе в 4 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей): Математика, Физика; Химия, Механика жидкости и газа

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					Содержание самостоятельной работы
				контактная				СРС	
				лк	пр	лаб	КЧА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Первый закон термодинамики		4	1	1			14	[1,2], изучение теоретического материала, подготовка к тесту и практической работе
2.	Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа		4	1	1			14	[1,2], изучение теоретического материала, подготовка к тесту и практической работе
3.	Второй закон термодинамики		4	2	2			14	[1,2], изучение теоретического материала, подготовка к тесту и практической работе
4.	Водяной пар и его свойства		4	2	2			16	[3], изучение теоретического материала, подготовка к тесту и практической работе
5.	Зачет		4	–	–		0,3	1,7	Зачет выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости или проводиться в устной форме
	Итого:	**72**	**5**	**6**	**6**		**0,3**	**59,7**	

4.2 Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма текущего контроля
1.	Первый закон термодинамики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.5	1-3	1-2	1-2	Собеседование Тест Контроль практических работ
2.	Термодинамические процессы изменения	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	1-3	1-2	1-2	Собеседование Тест

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма текущего контроля
	состояния идеального газа	ОПК-1.5				Контроль практических работ
3.	Второй закон термодинамики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.5	1-3	1-2	1-2	Собеседование Тест Контроль практических работ
4.	Водяной пар и его свойства	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.5	1-3	1-2	1-2	Тест

1.1. Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лекций	Трудоемкость (час)
1.	**1**	1. Термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Предмет физической (общей) термодинамики. История развития. Особенности как науки. Основные определения: термодинамическая система, окружающая среда, изолированная система, равновесные и неравновесные состояния и процессы. 2. Внутренняя энергия и энтальпия. Полная энергия системы. Работа и теплота как формы передачи энергии в термодинамических процессах. Виды работ. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Аналитические выражения первого закона. Формулировки первого закона термодинамики. 3. Координаты состояния системы (определение, примеры для различных взаимодействий: механическое деформационное, тепловое, химические и фазовые превращения). Взаимодействия различного рода. Степени свободы системы. 4. Потенциалы: определение, примеры для различных взаимодействий. Правило знаков для потенциалов. Связь количества воздействия с координатами и потенциалами. Работа и теплота как функция координат и потенциалов. Правило знаков для работы. Работа расширения. 5. Термодинамические параметры состояния. Уравнение I закона термодинамики в общем виде. Уравнение состояния термо-деформационной системы в общем виде. 6. Первое начало термодинамики в "энтальпийной" форме. Физический смысл энтальпии. 7. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы.	1
2.	**2**	1. Определение идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Мольные и удельные объемы. Универсальная и удельная газовые постоянные, единицы измерения. Область применения уравнения Менделеева-Клайперона. 2. Термодинамические свойства и простейшие процессы идеального газа в однородных системах: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Исследование простейших процессов идеального газа. Законы: Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Авогадро. Изображение простейших процессов в P-V и T-S- диаграммах. 3. Уравнения адиабаты идеального газа (уравнения Пуассона). Показатель адиабаты. 4. Условия сопряжения системы с окружающей средой. Характеристические функции («термодинамические потенциалы»): энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал), энергия Гельмгольца (изохорно-изотермический потенциал), внутренняя энергия и энтальпия . Химический потенциал (удельная энергия Гиббса). 5. Дифференциалы характеристических функций термодеформационной системы и производные формулы для давления,	1

		удельного объема, энтропии и температуры. 6. Дифференциальные соотношения термодинамики для термодеформационной системы: уравнения Максвелла; частные производные от внутренней энергии и энтальпии. 7. Теплоемкость. Виды теплоемкости по количеству вещества и термодинамическим процессам. Массовая, мольная и объемная теплоемкости, связь между ними. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. 8. Общая формула для теплоемкости однородных систем. Выражения (разности) теплоемкостей через частные производные. 9. Частные производные от теплоемкостей. Зависимость теплоемкостей от давления, объема и температуры. Термические коэффициенты. 10. Способы представления зависимости теплоемкости от температуры. Средняя и истинная теплоемкости. 11. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера. Показатель изоэнтропы (адиабаты). Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Изменение внутренней энергии и энтальпии идеального газа 12. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Молярная теплоемкость газов по молекулярно-кинетической теории. Молярная теплоемкость идеальных газов с учетом внутримолекулярных колебаний. 13. Политропный процесс. Вычисление показателя политропы. 14. Теплоемкость политропного процесса. 15. Работа, теплота и внутренняя энергия в политропном процессе. 16. Изображение политропных процессов P-V и T-S- диаграммах. Изменение энтропии в политропном процессе. Анализ политропных процессов. 17. Вычисление энтропии термодеформационной системы. 18. Вычисление энтропии идеального газа. 19. T-S- диаграмма и ее свойства. Уравнение изобарного и изохорного процессов в T-S-переменных. 20. Уравнение адиабаты в общем виде. Связь между коэффициентами изотермической и адиабатической сжимаемости.	
3.	**3**	1. Равновесные и неравновесные взаимодействия. Квазистатические и нестатические процессы. Процессы обратимые и необратимые. Круговой процесс. Прямой и обратный цикл. Обратимый и необратимый цикл. Термодинамические циклы в TS-диаграмме. Свойства внутренней энергии. Количество теплоты и работы в круговом процессе. Функции процесса и состояния. 2. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Прямой обратимый цикл Карно и его термический КПД. Теорема Карно. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент. 3. Сущность второго закона термодинамики и его основные формулировки. Возрастание энтропии в изолированной системе. Аналитическое выражение второго закона термодинамики .Статистический характер второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. 4. Обратимые и необратимые адиабатные процессы расширения и сжатия (изображение).	2
4.	**4**	1. Основные сведения о процессах изменения фазового состояния воды. Фазовая p-T-диаграмма для воды. Условия фазового равновесия для воды. Водяной пар (определение). 2. Фазовые P-V и T-S диаграммы состояний. Значения термодинамических параметров в тройной и критической точках для воды. 3. Скрытая теплота парообразования 4. Определение удельного объёма влажного насыщенного пара 5. Определение удельной внутренней энергии влажного насыщенного пара 6. Таблицы термодинамических свойств водяного пара и других веществ 7. T-S – диаграмма водяного пара	2

		8. I-S– диаграмма водяного пара 9. Определение параметров водяного пара с помощью I-S– диаграммы 10. Изображение простейших процессов на P-V-, T-S- и I-S диаграммах. 11. Расчет простейших процессов для водяного пара.	
	Всего		**16**

4.3 Наименования тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Название практических занятий	Трудоемкость (час)
1.	1	Первый закон термодинамики Уравнение состояния идеального газа	1
2.	2	Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа Теплоёмкость однородных систем. Политропный процесс. Изопроцессы. Вычисление энтропии Газовые смеси	1
3.	3	Второй закон термодинамики. Термодинамические циклы.	2
6.	1-3	Защита контрольных практических заданий	2
	Всего		**6**

4.4. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:

– *собеседование по темам лекций*

– *Тест*

– *Контроль практических работ*

Примечание: Оценочные средства (типовые варианты защит лабораторных работ, контрольных работ и др.) приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Кудинов И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть I. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов И.В., Стефанюк Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 172 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22626.html

2. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие / Н. И. Стоянов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 226 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/63139.html

б) дополнительная литература

3. Козырев А.В. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Козырев А.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 114 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13871.html.— ЭБС «IPRbooks»

4. Маркин В.К. Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: методическое пособие к курсовым работам по теоретическим основам теплотехники

рекомендовано для студентов специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция»/ Маркин В.К., Свинцов В.Я., Губа О.Е.— Электрон. текстовые данные.— Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2009.— 129 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/17063.html.— ЭБС «IPRbooks
5. Зеленцов Д.В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зеленцов Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 140 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/20525.html.— ЭБС «IPRbooks»
6. Сандаков С.А. Термодинамика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам/ Сандаков С.А., Пикулев И.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008.— 58 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/21767.html.— ЭБС «IPRbooks

в) методические указания

7. Основы теплотехники: методические указания к практическим, самостоятельным и контрольным работам для студентов технических направлений подготовки /Сост. В.А. Стерхов: Ижевск: ИжГТУ, 2019. - 124 с.

г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks http://istu.ru/material/elektronno-bibliotechnaya-sistema-iprbooks;
2. Электронный каталог научной библиотеки ИжГТУ имени М.Т. Калашникова Web ИРБИС http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS;
3. Национальная электронная библиотека - http://нэб.рф.
4. Мировая цифровая библиотека - http://www.wdl.org/ru/
5. Техническая библиотека http://www.tehlit.ru/
6. Справочно-правовая система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru/;
7. Справочная система Техэксперт https://cntd.ru/;

г) программное обеспечение:

1. Microsoft Office (лицензионное ПО)
2. LibreOffice (свободно распространяемое ПО)
3. Doctor Web (лицензионное ПО)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционные занятия.

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, ноутбук)).

2. Практические работы.

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (проектор, экран, ноутбук).

3. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- научная библиотека ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. 201 корпус № 1, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.7);

- помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. БИ-14, корпус№3, адрес:426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.42).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Оценочные средства

по дисциплине

_____Основы теплотехники_____
наименование – полностью

направление (специальность) 08.03.01 Строительство_____
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) _«Промышленное и гражданское строительство»
наименование – полностью

уровень образования: _____бакалавриат_____
удалить ненужные варианты

форма обучения: ____очная, заочная, очно-заочная
очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: ___2_____ зачетных единиц(ы)

1. Оценочные средства

Оценивание формирование компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения *(знания, умения и навыки)*	Формы текущего и промежуточного контроля
1.	ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	З1. физические величины и физические константы, их определения, смысл, способы и единицы из измерения З2. методы решения теоретических и экспериментальных задач З3. методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам в области технической термодинамики У1. проводить математический анализ прикладных задач У2. выполнять экспериментальные исследования термодинамических процессов по заданным методикам Н1. навыками физического моделирования для решения прикладных задач по будущей специальности Н2. навыками экспериментального исследования термодинамических процессов по заданным методикам	Собеседование Тест Контроль практических работ Зачет
2.	ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического и экспериментального исследований		
3.	ОПК-1.5 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности		

Описание элементов для оценивания формирования компетенций

Наименование: зачет

Перечень вопросов для проведения зачета:

1. Термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Предмет физической (общей) термодинамики. История развития. Особенности как науки. Основные определения: термодинамическая система,окружающая среда, изолированная система, равновесные и неравновесные состояния и процессы.
2. Внутренняя энергия и энтальпия. Полная энергия системы. Работа и теплота как формы передачи энергии в термодинамических процессах. Виды работ. Количество воздействия. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Аналитические выражения первого закона. Формулировки первого начала термодинамики.
3. Координаты состояния системы (определение, примеры для различных взаимодействий: механическое деформационное, тепловое, химические и фазовые превращения). Взаимодействия различного рода. Степени свободы системы.
4. Потенциалы определение, примеры для различных взаимодействий. Правило знаков для потенциалов. Связь количества воздействия с координатами и потенциалами. Работа и теплота как функция координат и потенциалов. Правило знаков для работы. Полезная работа. Абсолютная работа. Работа расширения.

5. Термодинамические параметры состояния. Уравнение I начала термодинамики в общем виде. Уравнение состояния сложной системы в общем виде. Уравнение состояния термодеформационной системы в общем виде.
6. Первое начало термодинамики в "энтальпийной" форме. Физический смысл энтальпии.
7. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы.
8. Определение идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Мольные и удельные объемы. Универсальная и удельная газовые постоянные, связь между ними, единицы измерения. Область применения уравнения Менделеева-Клайперона.
9. Термодинамические свойства и простейшие процессы идеального газа в однородных системах: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Исследование простейших процессов идеального газа. Законы: Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Авогадро. Изображение простейших процессов в P-V и T-S- диаграммах.
10. Уравнения адиабаты идеального газа (уравнения Пуассона). Показатель адиабаты.
11. Условия сопряжения системы с окружающей средой. Характеристические функции («термодинамические потенциалы»): энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал),энергия Гельмгольца(изохорно-изотермический потенциал) ,внутренняя энергия и энтальпия . Химический потенциал (удельная энергия Гиббса).
12. Дифференциалы характеристических функций, производные формулы для термодинамических параметров произвольной системы.
13. Дифференциалы характеристических функций термодеформационной системы и производные формулы для давления, удельного объема, энтропии и температуры.
14. Дифференциальные соотношения термодинамики (общий случай).
15. Дифференциальные соотношения термодинамики для термодеформационной системы: уравнения Максвелла; частные производные от внутренней энергии и энтальпии.
16. Теплоемкость. Виды теплоемкости по количеству вещества и термодинамическим процессам. Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Связь между ними. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении.
17. Общая формула для теплоемкости однородных систем. Выражения (разности) теплоемкостей через частные производные.
18. Частные производные от теплоемкостей. Зависимость теплоемкостей от давления, объема и температуры. Термические коэффициенты.
19. Способы представления зависимости теплоемкости от температуры. Средняя и истинная теплоемкости.
20. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера. Показатель изоэнтропы (адиабаты). Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Изменение внутренней энергии и энтальпии идеального газа
21. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Молярная теплоемкость газов по молекулярно-кинетической теории. Молярная теплоемкость идеальных газов с учетом внутримолекулярных колебаний.
22. Политропный процесс. Вычисление показателя политропы.
23. Теплоемкость политропного процесса.
24. Работа, теплота и внутренняя энергия в политропном процессе.
25. Изображение политропных процессов P-V и T-S- диаграммах. Изменение энтропии в политропном процессе. Анализ политропных процессов.
26. Вычисление энтропии термодеформационной системы.
27. Вычисление энтропии идеального газа.
28. T-S- диаграмма и ее свойства. Уравнение изобарного и изохорного процессов в T-S- переменных.
29. Уравнение адиабаты в общем виде. Связь между коэффициентами изотермической и адиабатической сжимаемости.

30. Понятие о газовой смеси. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объемными долями. Парциальное давление смеси. Уравнение Дальтона-Амага. Уравнение состояния идеально-газовой смеси. Молярная масса смеси. Удельная газовая постоянная смеси. Удельные и молярные термодинамические функции смеси для объема, внутренней энергии, энтальпии, теплоемкости, энтропии(без учета энтропии смешения).Показатель адиабаты смеси. Температура смеси газов
31. Равновесные и неравновесные взаимодействия. Квазистатические и нестатические процессы. Процессы обратимые и необратимые. Круговой процесс. Прямой и обратный цикл. Обратимый и необратимый цикл. Термодинамические циклы в TS-диаграмме. Свойства внутренней энергии. Количество теплоты и работы в круговом процессе. Функции процесса и состояния.
32. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Прямой обратимый цикл Карно и его термический КПД. Теорема Карно. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент.
33. Средняя температура подвода и отвода теплоты. Термический коэффициент полезного действия произвольного обратимого цикла
34. Энтропия смеси с учетом энтропии смешения. Доказательство существования энтропии. Расчет изменения энтропии идеальных газов с помощью таблиц.
35. Сущность второго закона термодинамики и его основные формулировки. Неравенство и интеграл Клаузиуса. Возрастание энтропии в изолированной системе. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Статистический характер второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния.
36. Обратимые и необратимые адиабатные процессы расширения и сжатия (изображение).
37. Максимальная работа. Эксергия, как мера работоспособности системы.
38. Термодинамические свойства реальных газов. PV-диаграмма. Фактор сжимаемости..Вириальное уравнение состояния для умеренно сжатых газов.
39. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Уравнения состояния: Дюпре, Майера-Боголюбова, Вукаловича-Новикова, Воля, Бертло для реального газа.
40. Принцип соответственных состояний и подобие термодинамических свойств веществ. zπ-диаграмма
41. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
42. Фазовые переходы в однокомпонентных системах
43. Однофазная однокомпонентная система
44. Двухфазная однокомпонентная система. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
45. Трехфазная однокомпонентная система
46. Фазовые диаграммы состояний
47. Фазовая p-T-диаграмма. Условия фазового равновесия.
48. Фазовые P-V и T-S диаграммы состояний.
49. Особые точки фазовых диаграмм: тройная точка, критическая точка
50. Закритическая область
51. Фазовые превращения углекислого газа
52. Кипение. Кавитация
53. Тепловая теорема Нернста;
54. Третий закон термодинамики как следствие тепловой теоремы Нернста.
55. Основные сведения о процессах изменения фазового состояния воды. Фазовая p-T-диаграмма для воды. Условия фазового равновесия для воды. Водяной пар (определение).
56. Фазовые P-V и T-S диаграммы состояний. Значения термодинамических параметров в тройной и критической точках для воды..
57. Определение удельной энтальпии кипящей жидкости;
58. Определение удельной энтропии кипящей жидкости
59. Определение удельной энтальпии сухого насыщенного пара;

60. Определение удельной энтропии сухого насыщенного пара .
61. Скрытая теплота парообразования
62. Определение удельного объёма влажного насыщенного пара
63. Определение удельной внутренней энергии влажного насыщенного пара
64. Определение удельной энтальпии влажного насыщенного пара
65. Определение удельной энтропии влажного насыщенного пара
66. Определение удельной энтальпии перегретого пара.
67. Определение удельной энтропии перегретого пара.
68. Таблицы термодинамических свойств водяного пара и других веществ
69. T-S – диаграмма водяного пара
70. I-S– диаграмма водяного пара
71. Определение параметров водяного пара с помощью I-S– диаграммы
72. Изображение простейших процессов для водяного пара на P-V-, T-S- и I-S диаграммах.
73. Расчет простейших процессов для водяного пара (граф аналитический метод)
74. Основные определения и характеристики влажного воздуха. Уравнение Дальтона для влажного воздуха Абсолютная и относительная влажность.
75. Температура точки росы способы ее определения.
76. Конденсационный гигрометр
77. Плотность влажного воздуха
78. Кажущаяся молекулярная масса влажного воздуха
79. Влагосодержание влажного воздуха
80. Кажущаяся газовая постоянная влажного воздуха
81. Энтальпия влажного воздуха.
82. I –d - диаграмма для влажного воздуха

Критерии оценки:
Приведены в разделе 2

Наименование: собеседование

Представление в ФОС: перечень теоретических вопросов по разделам дисциплины для собеседования.

Перечень теоретических вопросов по разделам дисциплины для собеседования.

1. Термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Предмет физической (общей) термодинамики. История развития. Особенности как науки. Основные определения: терм
2. Одинамическая система, окружающая среда, изолированная система, равновесные и неравновесные состояния и процессы.
3. Внутренняя энергия и энтальпия. Полная энергия системы. Работа и теплота как формы передачи энергии в термодинамических процессах. Виды работ. Количество воздействия. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Аналитические выражения первого закона. Формулировки первого начала термодинамики.
4. Координаты состояния системы (определение, примеры для различных взаимодействий: механическое деформационное, тепловое, химические и фазовые превращения). Взаимодействия различного рода. Степени свободы системы.
5. Потенциалы определение, примеры для различных взаимодействий. Правило знаков для потенциалов. Связь количества воздействия с координатами и потенциалами. Работа и теплота как функция координат и потенциалов. Правило знаков для работы. Полезная работа. Абсолютная работа. Работа расширения.
6. Термодинамические параметры состояния. Уравнение I начала термодинамики в общем виде. Уравнение состояния сложной системы в общем виде. Уравнение состояния термодеформационной системы в общем виде.
7. Первое начало термодинамики в «энтальпийной» форме. Физический смысл энтальпии.
8. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы.
9. Определение идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Мольные и удельные объемы. Универсальная и удельная газовые постоянные, связь между ними, единицы измерения. Область применения уравнения Менделеева-Клайперона.
10. Термодинамические свойства и простейшие процессы идеального газа в однородных системах: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Исследование простейших процессов идеального газа. Законы: Бойля-Мариотта ,Гей-Люссака, Авогадро. Изображение простейших процессов в P-V и T-S- диаграммах.
11. Уравнения адиабаты идеального газа (уравнения Пуассона). Показатель адиабаты.
12. Условия сопряжения системы с окружающей средой. Характеристические функции («термодинамические потенциалы»): энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал),энергия Гельмгольца(изохорно-изотермический потенциал) ,внутренняя энергия и энтальпия . Химический потенциал дельная энергия Гиббса).
13. Дифференциалы характеристических функций, производные формулы для термодинамических параметров произвольной системы.
14. Дифференциалы характеристических функций термодеформационной системы и производные формулы для давления, удельного объема, энтропии и температуры.
15. Дифференциальные соотношения термодинамики (общий случай).
16. Дифференциальные соотношения термодинамики для термодеформационной системы: уравнения Максвелла; частные производные от внутренней энергии и энтальпии.
17. Теплоемкость. Виды теплоемкости по количеству вещества и термодинамическим процессам. Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Связь между ними. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении.

18. Общая формула для теплоемкости однородных систем. Выражения (разности) теплоемкостей через частные производные.
19. Частные производные от теплоемкостей. Зависимость теплоемкостей от давления, объема и температуры. Термические коэффициенты.
20. Способы представления зависимости теплоемкости от температуры. Средняя и истинная теплоемкости.
21. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера. Показатель изоэнтропы (адиабаты). Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Изменение внутренней энергии и энтальпии идеального газа
22. Молекулярно- кинетическая теория теплоемкости газов. Молярная теплоемкость газов по молекулярно-кинетической теории. Молярная теплоемкость идеальных газов с учетом внутримолекулярных колебаний.
23. Политропный процесс. Вычисление показателя политропы.
24. Теплоемкость политропного процесса.
25. Работа, теплота и внутренняя энергия в политропном процессе.
26. Изображение политропных процессов P-V и T-S- диаграммах. Изменение энтропии в политропном процессе. Анализ политропных процессов.
27. Вычисление энтропии термодеформационной системы.
28. Вычисление энтропии идеального газа.
29. T-S- диаграмма и ее свойства. Уравнение изобарного и изохорного процессов в T-S-переменных.
30. Уравнение адиабаты в общем виде. Связь между коэффициентами изотермической и адиабатической сжимаемости.
31. Понятие о газовой смеси. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объемными долями. Парциальное давление смеси. Уравнение Дальтона-Амага. Уравнение состояния идеально-газовой смеси. Молярная масса смеси. Удельная газовая постоянная смеси. Удельные и молярные термодинамические функции смеси для объема, внутренней энергии, энтальпии, теплоемкости, энтропии(без учета энтропии смешения).Показатель адиабаты смеси. Температура смеси га¬зов
32. Равновесные и неравновесные взаимодействия. Квазистатические и нестатические процессы. Процессы обратимые и необратимые. Круговой процесс. Прямой и обратный цикл. Обратимый и необратимый цикл. Термодинамические циклы в TS-диаграмме. Свойства внутренней энергии. Количество теплоты и работы в круговом процессе. Функции процесса и состояния.
33. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Прямой обратимый цикл Карно и его термический КПД. Теорема Карно. Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент.
34. Средняя температура подвода и отвода теплоты. Термический коэффициент полезного действия произвольного обратимого цикла
35. Энтропия смеси с учетом энтропии смешения. Доказательство существования энтропии. Расчет изменения энтропии идеальных газов с помощью таблиц.
36. Сущность второго закона термодинамики и его основные формулировки. Неравенство и интеграл Клаузиуса. Возрастание энтропии в изолированной системе. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Статистический характер второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния.
37. Обратимые и необратимые адиабатные процессы расширения и сжатия (изображение).
38. Максимальная работа. Эксергия, как мера работоспособности системы.
39. Термодинамические свойства реальных газов. PV-диаграмма. Фактор сжимаемости. . Вириальное уравнение состояния для умеренно сжатых газов.

40. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Уравнения состояния: Дюпре, Майера-Боголюбова, Вукаловича-Новикова, Воля, Бертло для реального газа.
41. Принцип соответственных состояний и подобие термодинамических свойств веществ. z-диаграмма
42. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
43. Фазовые переходы в однокомпонентных системах
44. Однофазная однокомпонентная система
45. Двухфазная однокомпонентная система. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
46. Трехфазная однокомпонентная система
47. Фазовые диаграммы состояний
48. Фазовая p-T-диаграмма. Условия фазового равновесия.
49. Фазовые P-V и T-S диаграммы состояний.
50. Особые точки фазовых диаграмм: тройная точка, критическая точка
51. Закритическая область
52. Фазовые превращения углекислого газа
53. Кипение. Кавитация
54. Тепловая теорема Нернста;
55. Третий закон термодинамики как следствие тепловой теоремы Нернста.
56. Основные сведения о процессах изменения фазового состояния воды. Фазовая p-T-диаграмма. Условия фазового равновесия. Водяной пар (определение).
57. Фазовые P-V и T-S диаграммы состояний. Значения термодинамических параметров в тройной и критической точках для воды.
58. Определение удельной энтальпии кипящей жидкости;
59. Определение удельной энтропии кипящей жидкости
60. Определение удельной энтальпии сухого насыщенного пара;
61. Определение удельной энтропии сухого насыщенного пара.
62. Скрытая теплота парообразования
63. Определение удельного объёма влажного насыщенного пара
64. Определение удельной внутренней энергии влажного насыщенного пара
65. Определение удельной энтальпии влажного насыщенного пара
66. Определение удельной энтропии влажного насыщенного пара
67. Определение удельной энтальпии перегретого пара.
68. Определение удельной энтропии перегретого пара.
69. Таблицы термодинамических свойств водяного пара и других веществ
70. T-S – диаграмма водяного пара
71. I-S– диаграмма водяного пара
72. Определение параметров водяного пара с помощью I-S– диаграммы
73. Изображение простейших процессов на P-V-, T-S- и I-S диаграммах.
74. Расчет процессов для водяного пара.
75. Основные определения и характеристики влажного воздуха. Уравнение Дальтона для влажного воздуха Абсолютная и относительная влажность.
76. Температура точки росы, способы ее определения.
77. Конденсационный гигрометр
78. Плотность влажного воздуха
79. Кажущаяся молекулярная масса влажного воздуха
80. Влагосодержание влажного воздуха
81. Кажущаяся газовая постоянная влажного воздуха
82. Энтальпия влажного воздуха.
83. I –d - диаграмма для влажного воздуха

Критерии оценки:
Приведены в разделе 2

Наименование: контрольное практическое задание
Представление в ФОС: набор задач и перечень теоретических вопросов для контрольных практических заданий
Набор задач для контрольных практических заданий
Полный комплект задач для контрольных практических заданий содержится в методических материалах к дисциплине.

Примеры задач для контрольных практических заданий:
1. В котельной электрической станции за 20 ч работы сожжены 62 т каменного угля, имеющего теплоту сгорания 28900 кДж/кг. Определить среднюю мощность станции, если в электрическую энергию превращено 18% теплоты, полученной при сгорании угля.
Ответ: N=4479 кВт.

2. Паросиловая установка мощностью 4200 кВт имеет к.п.д. ηст=0,20.
Определить часовой расход топлива, если его теплота сгорания Qнр=25000 кДж/кг.
Ответ: bчас=3024 кг/ч.

3. При испытании двигателей внутреннего сгорания широким распространением пользуются так называемые гидротормоза. Работа двигателя при торможении превращается в теплоту трения, и для уменьшения нагрева тормозного устройства применяют водяное охлаждение.
Определить часовой расход воды на охлаждение тормоза, если мощность двигателя равна N=33 кВт, начальная температура воды t'в=15 ºС, конечная — t"в=60 ºС; принять, что вся теплота трения передается охлаждающей воде.
Ответ: Мводы=632 кг/ч.

4.Найти часовой расход топлива, который необходим для работы паровой турбины мощностью 25 МВт, если теплота сгорания топлива Qнр=33,85 МДж/кг и известно, что на превращение тепловой энергии в механическую используется только 35% теплоты сожженного топлива.
Ответ: G=7,59 т/ч.

Перечень теоретических вопросов для контрольных практических заданий.
Первый закон термодинамики.
1) Термодинамические параметры состояния.
2) Первое начало термодинамики для термодеформационной системы.
3) Первое начало термодинамики для стационарного потока массы.
4) Способы задания состава смеси.
5) Соотношение между массовыми и объемными долями.
6) Смеси идеальных газов. Закон Дальтона.
7) Уравнение состояния для смеси газов.
8) Определение молекулярной массы.
9) Определение дельной газовой постоянной, смеси идеальных газов.
10) Определение теплоемкости смеси идеальных газов.
11) Определение энтальпии смеси идеальных газов.
12) Определение энтропии смеси идеальных газов.
13) Определение температуры смеси газов.
Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа.
14) Уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клайперона.
15) Простейшие процессы идеального газа в однородных системах: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный.
16) Теплота и работа в простейших процессах идеального газа.

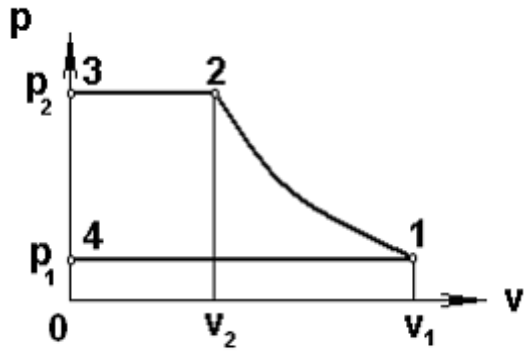
17) Уравнения Пуассона.
18) Дифференциальные соотношения термодинамики для термодеформационной системы.
19) Виды теплоемкости по количеству вещества и термодинамическим процессам. Массовая, мольная и объемная теплоемкости. Связь между ними.
20) Способы представления зависимости теплоемкости от температуры.
21) Средняя и истинная теплоемкости.
22) Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа.
23) Политропный процесс.
24) Вычисление показателя политропы.
25) Теплоемкость политропного процесса.
26) Работа, теплота и внутренняя энергия в политропном процессе.
27) Изменение энтропии в политропном процессе.
28) Анализ политропных процессов.
29) Вычисление энтропии идеального газа.
Второй закон термодинамики.
30) Термодинамические циклы .
31) Количество теплоты и работы в круговом процессе.
32) Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя.
33) Прямой цикл Карно и его КПД. Теорема Карно.
34) Обратный цикл Карно, холодильный коэффициент.
35) Максимальная работа. Эксергия, как мера работоспособности системы.
Реальные газы
36) Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.
37) Уравнения состояния для реального газа.:Дюпре, Майера-Боголюбова, Вукаловича-Новикова, Воля, Бертло
38) Принцип соответственных состояний и подобие термодинамических свойств веществ.
39) z-диаграмма.
40) Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
41) Двухфазная однокомпонентная система. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
42) Особые точки фазовых диаграмм: тройная точка, критическая точка.
43) Фазовые превращения углекислого газа.
44) Кипение. Кавитация.
Раздел 6 Водяной пар и его свойства
45) Состояние водяного пара.
46) Термодинамические процессы с водяным паром.
47) Энтропийные диаграммы для водяного пара.
Раздел 7 Влажный воздух.
48) Состояние влажного воздуха.
49) Термодинамические процессы с влажным воздухом.
50) J-d-диаграмма влажного воздуха.

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2

Наименование: тест
Представление в ФОС: набор тестов
Набор тестов
Полный набор тестовых заданий содержится в методических материалах к дисциплине.

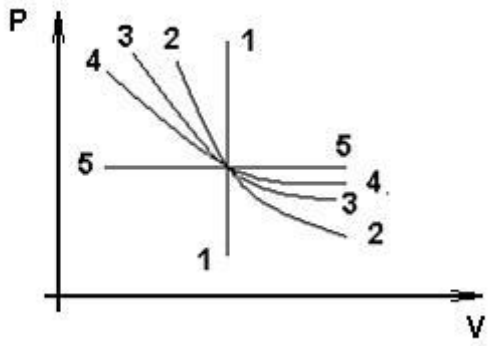
Задание 1



Работа компрессора, затрачиваемая на нагнетание сжатого газа, на индикаторной диаграмме, показанной на рисунке, изображается площадью …

1 0–3–2–v_2
2 0–3–2–1–v_1
3 v_2–2–1–v_1
4 v_2–2–1–v_2

Задание 2



Процессу 1 – 1, показанному на графике, соответствует показатель политропы, равный …

1 $\pm\infty$
2 1
3 k
4 0

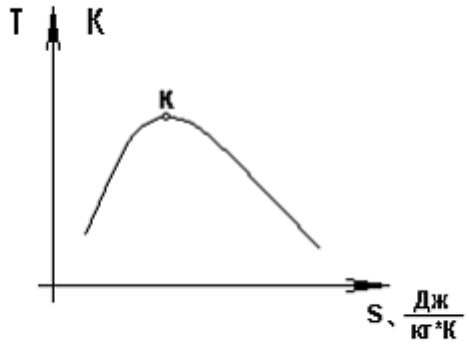
Задание 3

Отношение работы, производимой двигателем за цикл, к количеству теплоты, подведенной за этот цикл от горячего источника, называется …

1 термическим КПД цикла
2 холодильным коэффициентом
3 коэффициентом использования теплоты

4 коэффициентом теплопроводности

Задание 4



Теплота парообразования в точке К (см. график), равна …

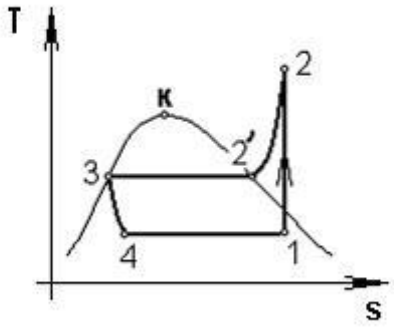
1 $r = 0$

2 $r = \infty$

3 $\infty > r > 0$

4 $r < 0$

Задание 5



В процессе 4–1, показанном на графике, хладагент в тепловом насосе …

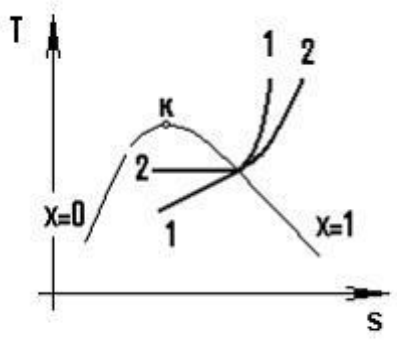
1 испаряется

2 всасывается в насос

3 дросселируется

4 конденсируется

Задание 6



Изображенные на графике процессы водяного пара 1–1 и 2–2 являются …

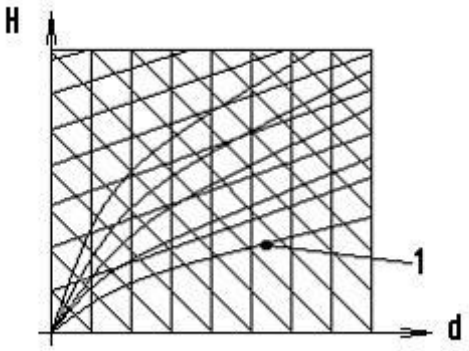
1 изохорным (1–1) и изобарным (2–2)

2 адиабатным (1–1) и изотермическим (2–2)

3 изобарным (1–1) и изотермическим (2–2)

4 изобарным (1–1) и изобарным (2–2)

Задание 7



Линия 1, показанная на Hd-диаграмме влажного воздуха, соответствует …

- относительной влажности

-изотерме влажного воздуха

- влагосодержанию

-изоэнтальпе

2. Критерии и шкалы оценивания

Для контрольных мероприятий (текущего контроля) устанавливается минимальное и максимальное количество баллов в соответствии с таблицей. Контрольное мероприятие считается пройденным успешно при условии набора количества баллов не ниже минимального.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

Разделы дисциплины	***Форма контроля***	***Количество баллов***	
		min	***max***
1-7	Собеседование (за каждую лекцию 1 балл)	2	4
1-7	Контроль практических работ	15	30
1-7	Тест	17	34
	Итого	34	68

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

Наименование, обозначение	***Показатели выставления минимального количества баллов***
Собеседование	Даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов. Продемонстрированы знания основного учебно-программного материала
Контроль практических работ	Практическая работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при выполнении работы, даны правильные
Тест	Правильно решено не менее 50% тестовых заданий

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

Оценка	***Набрано баллов***
«зачтено»	34-68
«незачтено»	0-33

Если сумма набранных баллов менее 34 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов более 34, обучающийся допускается до зачета.

По сумме набранных баллов студенту может быть выставлена оценка за промежуточную аттестацию, согласно приведенной шкале.

Билет к зачету включает 2 теоретических вопроса.

Время на подготовку: 25-30 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки

Оценка	***Критерии оценки***
«зачтено»	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.

«незачтено»	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине