МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.01.13 «Техническая термодинамика и теплотехника»

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль)	Газопереработка и водородные технологии
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Инженерно-технологический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Газопереработка, водородные и специальные технологии"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Самара 2025

Б1.В.01.13 «Техническая термодинамика и теплотехника»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.03.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 922 от 07.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических наук, доцент	А.Ю Чуркина
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	О.В. Тупицына, доктор технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	М.С Гречухина, кандидат технических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.А. Пименов, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	С.В. Востриков, кандидат химических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 5
4.2 Содержание лабораторных занятий 9
4.3 Содержание практических занятий 9
4.4. Содержание самостоятельной работы 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 12
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 13
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 13
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 13
9. Методические материалы 14
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 15

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен обеспечивать выработку компонентов и приготовление товарной продукции, контролировать соблюдение регламентные режимов работы технологических объектов, предупреждать и устранять причины отклонения от норм технологического регламента, проводить пуск и остановку технологического объекта	ПК-1.4 Владеет методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	Владеть методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **вариативная часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-1	Катализ в газохимии; Катализ в химической технологии; Основы водородных технологий; Основы переработки газа; Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика; Теоретические основы газопереработки. Химия С1; Техническая химия, химия нефти; Химия и технология метана	Оборудование газохимических процессов; Технологии переработки газа; Химические реакторы газо- и нефтехимии	Газохимия; Оборудование газо- и нефтеперерабатывающих заводов; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Производственная практика: преддипломная практика

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	7 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	3	3
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	73	73
подготовка к зачету	12	12
подготовка к практическим занятиям	4	4
составление конспектов	57	57
Итого: час	108	108
Итого: з.е.	3	3

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Техническая термодинамика	10	0	10	43	63
2	Теплотехника	6	0	6	30	42
	КСР	0	0	0	0	3
	Итого	16	0	16	73	108

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
7 семестр				

1	Техническая термодинамика	Тема 1.1. Основные понятия технической термодинамики. Тема 1.2. Термодинамические параметры состояния.	Понятие энергии, теплоты, работы. Термодинамическая система, ее составляющие, примеры рабочих тел. Виды термодинамических систем. Равновесное и неравновесное состояние термодинамической системы. Термодинамический процесс, виды термодинамических процессов. Понятие обратимого и необратимого процесса, признаки обратимости, причины необратимости. Термические параметры состояния термодинамической системы. Уравнение состояния идеального газа. Калорические параметры состояния термодинамической системы.	2
2	Техническая термодинамика	Тема 1.3. Энергетические характеристики термодинамического процесса. Тема 1.4. Законы термодинамики.	Виды обмена энергией в термодинамике. Работа изменения объема и теплота, их определение в термодинамическом процессе аналитически и графическим методом. Понятие теплоемкости, виды теплоемкости. Уравнение Майера. Показатель адиабаты. I и II законы термодинамики: формулировки, математические выражения. Термодинамическое тождество. Интеграл Клаузиуса.	2
3	Техническая термодинамика	Тема 1.5. Анализ термодинамических процессов с идеальным газом. Тема 1.6. Термодинамические процессы с реальными газами.	Задачи термодинамического анализа. Определение изменений калорических параметров состояния в произвольном термодинамическом процессе. Термодинамический анализ политропного процесса. Изображение политропного процесса на диаграммах P-v и T-s. Схема энергетического баланса. Выносится на самостоятельное изучение: Общие свойства реальных газов (паров). Коэффициент сжимаемости реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа в координатах P-v . Понятие насыщенного и перегретого пара. Влажный пар. Степень сухости пара. Процесс получения перегретого пара в пароперегревателе. Изображение процесса производства перегретого пара на диаграммах P-v , T-s и h-s, графическое определение основных показателей процесса. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы с водяным паров, их изображение на диаграммах P-v , T-s и h-s. Влажный воздух как рабочее тело. Свойства влажного воздуха. Термодинамические процессы с влажным воздухом.	2

4	Техническая термодинамика	Тема 1.7. Термодинамика потока газа (пара).	Средняя скорость потока. Уравнение неразрывности потока в интегральной и дифференциальной форме. Удельная работа проталкивания, удельная техническая работа, удельная располагаемая работа (работа изменения давления). I закон термодинамики для потока газа (пара). Дросселирование газов и паров. Термодинамика дросселирования идеальных и реальных газов. Нагнетание (сжатие) газов и паров. Термодинамика нагнетания. Многоступенчатое сжатие газов (паров). Выносится на самостоятельное изучение: Устройство, классификация, сравнительная характеристика и области применения компрессоров различных типов.	2
5	Техническая термодинамика	Тема 1.8. Циклы тепловых машин.	Классификация циклических термодинамических процессов. Термический КПД и холодильный коэффициент. Цикл Карно (прямой и обратный), аналитические зависимости, изображение на диаграммах P-v и T-s. Пароводяной цикл Ренкина – схема цикла, аналитические зависимости, изображение на диаграммах P-v, T-s, h-s. Цикл газотурбинной установки (прямой) без регенератора и с регенератором – схема цикла, аналитические зависимости, изображение на диаграммах P-v и T-s. Системы теплоснабжения и энергоснабжения нефтеперерабатывающих предприятий. Принципиальная схема ТЭЦ. Выносится на самостоятельное изучение: Холодильные установки. Цикл воздушной компрессорной установки, паровой компрессорной установки, абсорбционной холодильной установки, цикл теплового насоса. Цикл глубокого холода.	2

6	Теплотехника	Тема 2.1. Процессы генерирования и трансформации теплоты.	Классификация топлив. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Понятие условного топлива и нефтяного эквивалента. Состав топлив, состав дымовых газов (продуктов сгорания). Расчет процесса горения жидкого и газообразного топлива. Теплота сгорания топлива. Определение теоретического и действительного расхода воздуха. Каталитическое горение. Выносится на самостоятельное изучение: Классификация источников энергии. Классификация теплообменных аппаратов. Тепловой баланс теплоиспользующего оборудования. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи, его использование для инженерных расчетов. Основное уравнение теплоотдачи. Связь коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Методы повышения эффективности процессов теплообмена. Особенности лучистого теплообмена. Законы излучения.	2
7	Теплотехника	Тема 2.2. Конструкции и расчет трубчатых печей.	Устройство трубчатых печей. Особенности теплообмена в трубчатых печах. Основные показатели работы трубчатой печи. Тепловой баланс печи. Определение расхода топлива. Методика Н. И. Белоконя. Выносится на самостоятельное изучение: Конструкция, сравнительная характеристика и области применения трубчатых печей различных типов.	2
8	Теплотехника	Тема 2.3. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).	Понятие вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Классификация ВЭР. Основные направления использования ВЭР. Способы утилизации теплоты. Характеристика и область применения оборудования использования ВЭР: котлов-утилизаторов, воздухоподогревателей, контактных и контактно-поверхностных утилизаторов, реакторов каталитического дожига, тепловых труб, аппаратов мгновенного вскипания, теплообменников с промежуточным теплоносителем. Технологические схемы глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания. Выносится на самостоятельное изучение: Устройство, принцип работы, достоинства, недостатки, диапазон применения теплообменных аппаратов, использующих ВЭР, различных конструкций.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
7 семестр				
1	Техническая термодинамика	Термические параметры состояния.	Абсолютная температура, абсолютное давление, удельный объем. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Удельная газовая постоянная. Аддитивные свойства смеси газов. Избыточное давление и давление вакуума.	2
2	Техническая термодинамика	Калорические параметры состояния.	Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, расчет их изменения в произвольном термодинамическом процессе. Изобарная и изохорная теплоемкость. Уравнение Майера, показатель адиабаты. Молярная теплоемкость идеальных газов разной атомности.	2
3	Техническая термодинамика	Термодинамические процессы с идеальным газом.	Термодинамический анализ изохорного, изобарного, изотермического и адиабатического процессов с идеальным газом, их изображение на диаграммах P-v и T-s. Определение изменений калорических параметров состояния в определенном термодинамическом процессе (изобарном, изохорном, изотермическом, адиабатическом), расчет их энергетических характеристик (теплоты и работы). Изображение термодинамических процессов на диаграммах P-v и T-s.	2
4	Техническая термодинамика	Термодинамические процессы с идеальным газом. Продолжение	Определение изменений калорических параметров состояния в политропном термодинамическом процессе, расчет его энергетических характеристик (теплоты и работы). Показатель политропы. Изображение политропного термодинамического процесса на диаграммах P-v и T-s.	2
5	Техническая термодинамика	Водяной пар и его свойства.	Свойства насыщенного и перегретого водяного пара. Правила работы с таблицами теплофизических свойств воды и водяного пара, h-s-диаграммой водяного пара, программой PARVO95. Определение параметров состояния двухфазной системы «водяной пар – вода».	2

6	Теплотехника	Энергетические балансы. Теплопередача.	Тепловой баланс теплоиспользующего оборудования. Особенности расчета при фазовых переходах одного или нескольких компонентов, при протекании химических реакций, процессов растворения, смешения. Основное уравнение теплопередачи, его использование для инженерных расчетов.	2
7	Теплотехника	Элементы расчета трубчатой печи.	Сгорание жидкого и газообразного топлива. Расчет состава продуктов сгорания. Теоретическое количество воздуха, подаваемого на горение.	2
8	Теплотехника	Элементы расчета трубчатой печи. Продолжение	Тепловой баланс печи. Расчет КПД печи и топки. Определение расхода топлива. Максимальная температура закрытой топки.	2
Итого за семестр:				**16**
Итого:				**16**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
7 семестр			
Техническая термодинамика	Составление конспекта	Самостоятельное изучение теоретического материала Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы с водяным паров, их изображение на диаграммах P-v, T-s и h-s.	6

Техническая термодинамика	Составление конспекта	Самостоятельное изучение теоретического материала Тема 1.6. Термодинамические процессы с реальными газами. Общие свойства реальных газов (паров). Коэффициент сжимаемости реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа в координатах P-v. Понятие насыщенного и перегретого пара. Влажный пар. Степень сухости пара. Процесс получения перегретого пара в пароперегревателе. Изображение процесса производства перегретого пара на диаграммах P-v, T-s и h-s, графическое определение основных показателей процесса. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы с водяным паров, их изображение на диаграммах P-v, T-s и h-s. Влажный воздух как рабочее тело. Свойства влажного воздуха. Термодинамические процессы с влажным воздухом.	16
Техническая термодинамика	Составление конспекта	Самостоятельное изучение конструкций аппаратов Устройство, классификация, сравнительная характеристика и области применения компрессоров различных типов.	4
Техническая термодинамика	Составление конспекта	Самостоятельное изучение теоретического материала Холодильные установки. Цикл воздушной компрессорной установки, паровой компрессорной установки, абсорбционной холодильной установки, цикл теплового насоса. Цикл глубокого холода.	6
Техническая термодинамика	Подготовка к практическому занятию (контрольной работе)	Термические и калорические параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Удельная газовая постоянная. Аддитивные свойства смеси газов, их расчет. Анализ термодинамических процессов с идеальным газом. Определение показателя политропы. Изображение термодинамических процессов на диаграммах P-v и T-s.	4
Техническая термодинамика	Подготовка к зачету	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций и самостоятельной работы.	7

Теплотехника	Составление конспекта	Самостоятельное изучение теоретического материала Классификация источников энергии. Классификация теплообменных аппаратов. Тепловой баланс теплоиспользующего оборудования. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи, его использование для инженерных расчетов. Основное уравнение теплоотдачи. Связь коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Методы повышения эффективности процессов теплообмена. Особенности лучистого теплообмена. Законы излучения.	11
Теплотехника	Составление конспекта	Самостоятельное изучение конструкций аппаратов Конструкция, сравнительная характеристика и области применения трубчатых печей различных типов.	6
Теплотехника	Составление конспекта	Самостоятельное изучение конструкций аппаратов Устройство, принцип работы, достоинства, недостатки, диапазон применения теплообменных аппаратов, использующих ВЭР, различных конструкций.	8
Теплотехника	Подготовка к зачету	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций и самостоятельной работы.	5
		Итого за семестр:	**73**
		Итого:	**73**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк.- М., Юрайт, 2011.- 560 с.	Книжный фонд
2	Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие / Т. Н. Андриянова [и др.] .- 4-е изд., перераб. и доп..- М., Изд-во МЭИ, 2000.- 354 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		
3	Алабовский, А.Н. Техническая термодинамика и теплопередача : Учеб. пособие / А. Н. Алабовский, И. А. Недужий .- 3-е изд., перераб. и доп..- Киев, Выща шк., 1990.- 255 с.	Книжный фонд

4	Кудинов, В.А. Техническая термодинамика[Электронный ресурс] : Учеб.пособие / В.А.Кудинов,Э.М.Карташов .- Электрон.дан.и прогр..- М., Высш.шк., б.г..- 1 с.	Книжный фонд
5	Мазур, Л.С. Техническая термодинамика и теплотехника : учеб. / Л. С. Мазур.- М., ГЭОТАР-МЕД, 2003.- 350 с.	Книжный фонд

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Office 2007 Open License Academic	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Windows XP Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Консультант плюс	http://www.consultant.ru	Ресурсы открытого доступа
2	РОСПАТЕНТ	http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru	Ресурсы открытого доступа
3	Электронная библиотека изданий СамГТУ	http://irbis.samgtu.local/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe	Российские базы данных ограниченного доступа
4	Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина	http://elib.gubkin.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
5	Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

- комплект электронных презентаций/слайдов;

- аудитория, оборудованная учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук).

Практические занятия

- аудитория, оборудованная учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук).

Самостоятельная работа

- помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ: читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки; ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим

занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.01.13 «Техническая термодинамика и теплотехника»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.01.13 «Техническая термодинамика и теплотехника»

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль)	Газопереработка и водородные технологии
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Инженерно-технологический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Газопереработка, водородные и специальные технологии"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен обеспечивать выработку компонентов и приготовление товарной продукции, контролировать соблюдение регламентные режимов работы технологических объектов, предупреждать и устранять причины отклонения от норм технологического регламента, проводить пуск и остановку технологического объекта	ПК-1.4 Владеет методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	Владеть методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Техническая термодинамика				
ПК-1.4 Владеет методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	**Владеть** методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	Вопросы к зачету	Нет	Да
		Конспект по самостоятельно изученному материалу	Да	Нет
Теплотехника				

ПК-1.4 Владеет методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	**Владеть** методами расчета баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции	Конспект по самостоятельно изученному материалу	Да	Нет
		Конспект по самостоятельно изученному материалу	Нет	Да

ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Конспект по самостоятельно изученному материалу

Особых требований к оформлению конспекта нет, кроме соответствия представленного материала заданиям (вопросам) для самостоятельного изучения. Рекомендуемая литература представлена в соответствующем разделе рабочей программы.

- **Задания (вопросы) для самостоятельного изучения теоретического материала**

Тема 1.6. «Термодинамические процессы с реальными газами»

1. Особенности изохорного, изобарного, изотермического и адиабатического процессов с водяным паром:
- основные аналитические зависимости для каждого из процессов;
- изображение процессов с водяным паром на диаграммах P-υ, T-s и h-s.
2. Свойства влажного воздуха:
- температура;
- относительная и абсолютная влажность;
- влагосодержание;
- энтальпия;
- температура точки росы;
- температура мокрого термометра.
3. Диаграмма Рамзина.
4. Примеры термодинамических процессов с влажным воздухом, их изображение на диаграмме Рамзина:
- смешение масс воздуха с разным влагосодержанием;
- нагрев влажного воздуха;
- конвективная сушка.

Тема 1.8. «Циклы тепловых машин»

1. Особенности холодильных установок.
2. Схемы холодильных циклов, их основные характеристики, назначение:
- цикл воздушной компрессорной установки;
- цикл паровой компрессорной установки;
- цикл абсорбционной холодильной установки;
- цикл теплового насоса;
- цикл глубокого холода.

Тема 2.1. «Процессы генерирования и трансформации теплоты»

1. Первичные источники энергии.
2. Вторичные источники энергии.
3. Альтернативные источники энергии.
4. Классификация теплообменных аппаратов, примеры, назначение.
5. Общий тепловой баланс для каждого класса теплообменных аппаратов.
6. Виды переноса теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение).
7. Понятие теплоотдачи и теплопередачи.
8. Основные уравнения процессов переноса теплоты.
9. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи с использованием критериальных зависимостей.
10. Методы оптимизации работы теплообменных аппаратов.

- **Задания (вопросы) для самостоятельного изучения конструкций аппаратов**

Тема 1.7. «Термодинамика потока газа (пара)»

1. Одно- и многоступенчатые объемные компрессоры (поршневой, ротационный).
2. Лопаточные компрессоры (центробежный).

Тема 2.2. «Конструкции и расчет трубчатых печей»

1. Нагревательные трубчатые печи
2. Гарнитура печей.
3. Горелочные устройства.

Тема 2.3. «Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР)»

1. Котлы-утилизатор.
2. Воздухоподогреватели.
3. Контактные и контактно-поверхностные утилизаторы,.
4. Реакторы каталитического дожига.
5. Тепловые трубы.
6. Аппараты мгновенного вскипания.
7. Теплообменники с промежуточным теплоносителем.

Необходимо рассмотреть конструкцию каждого аппарата, описать его работу, определить особенности, достоинства, недостатки, диапазон применения. Результат представляется в форме конспекта (краткого изложения) изученного материала. Особых требований к оформлению конспекта нет, кроме соответствия представленного материала заданиям (вопросам) для самостоятельного изучения конструкций аппаратов.

Примеры вариантов заданий к контрольной работе

Вариант 1

1. Найти удельную газовую постоянную смеси газов, состоящей из 31,3 % H_2 и 68,7 % CO (проценты объемные), а также удельный объем этой смеси при давлении 450 кПа и температуре 50 °C.

2. Воздух, имеющий начальную температуру 20 °C, нагревается при постоянном давлении 0,5 МПа. Его объем увеличивается в 1,5 раза. Определить конечную температуру газа, удельную выполняемую работу, удельное количество теплоты, изменения калорических параметров состояния (Δu, Δh, Δs) в процессе.

3. Азот объемом 4,7 м^3 и массой 10 кг охлаждается по политропе. Давление меняется от 0,6 МПа до 0,4 МПа. Конечная температура процесса 16 °C. Определить показатель политропы (*логарифмирование основного уравнения процесса*), начальную температуру системы и выполняемую удельную работу. Схематично изобразить процесс на диаграммах P-υ и T-s.

Вариант 2

1. Найти удельную газовую постоянную смеси газов, состоящей из 6,6 % N_2 и 93,4 % CO_2 (проценты объемные), а также удельный объем этой смеси при давлении 335 кПа и температуре 65 °C.

2. Азот, имеющий начальную температуру 70 °C, нагревается при постоянном удельном объеме 0,55 м^3/кг. Его давление увеличивается в 4 раза. Определить конечную температуру газа, удельную выполняемую работу, удельное количество теплоты, изменения калорических параметров состояния (Δu, Δh, Δs) в процессе.

3. Кислород объемом 3,8 м^3 и массой 50 кг нагревается по политропе. Давление меняется от 0,9 МПа до 0,1 МПа. Конечная температура процесса 50 °C. Определить показатель политропы (*логарифмирование основного уравнения процесса*), начальную температуру системы и выполняемую удельную работу. Схематично изобразить процесс на диаграммах P-υ и T-s.

Далее представлен комплект задач контрольной работы с решениями (матрицы).

Исходные данные и решение задачи 1

Условие								Решение					
Вариант	компонент 1	компонент 2	% об. 1 комп.	% об. 2 комп.	P, кПа	t, C	T, K	M1, кг/кмоль	M2, кг/кмоль	Mсм, кг/кмоль	Rсм, Дж/(кг К)	v см, м3/кг
1	H2	CO	31,3	68,7	450	50	323	2	28	**19,86**	**418,6**	**0,300**
2	азот	CO2	6,6	93,4	335	65	338	28	44	**42,94**	**193,6**	**0,195**
3	метан	CO	16,5	83,5	430	65	338	16	28	**26,02**	**319,5**	**0,251**
4	CO	CO2	62,2	37,8	456	60	333	28	44	**34,05**	**244,2**	**0,178**
5	H2	CO	64,8	35,2	760	10	283	2	28	**11,15**	**745,5**	**0,278**
6	азот	CO2	0,6	99,4	430	85	358	28	44	**43,90**	**189,4**	**0,158**
7	метан	CO	47,4	52,6	45	700	973	16	28	**22,31**	**372,6**	**8,057**
8	CO	CO2	67,3	32,7	650	20	293	28	44	**33,23**	**250,2**	**0,113**
9	H2	CO	41,7	58,3	790	12	285	2	28	**17,16**	**484,6**	**0,175**
10	азот	CO2	82,4	17,6	690	32	305	28	44	**30,82**	**269,8**	**0,119**
11	метан	CO	6,1	93,9	638	60	333	28	44	**43,02**	**193,2**	**0,101**
12	CO	CO2	52,7	47,3	96	330	603	28	44	**35,57**	**233,7**	**1,468**
13	H2	CO	92,5	7,5	537	16	289	2	28	**3,95**	**2104,8**	**1,133**
14	азот	CO2	7,1	92,9	640	85	358	28	44	**42,86**	**194,0**	**0,108**
15	метан	CO	5,96	94,04	885	515	788	16	28	**27,28**	**304,7**	**0,271**
16	CO	CO2	71,3	28,7	880	72	345	28	44	**32,59**	**255,1**	**0,100**
17	H2	CO	5,5	94,5	27	600	873	2	28	**26,57**	**312,9**	**10,117**
18	азот	CO2	80,2	19,8	510	45	318	28	44	**31,17**	**266,7**	**0,166**
19	метан	CO	52,7	47,3	290	13	286	16	28	**21,68**	**383,6**	**0,378**
20	CO	CO2	61,9	38,1	588	80	353	28	44	**34,10**	**243,8**	**0,146**
21	H2	CO	99,2	0,8	553	60	333	2	28	**2,21**	**3765,4**	**2,267**
22	азот	CO2	30,9	69,1	80	610	883	28	44	**39,06**	**212,9**	**2,350**
23	метан	CO	92,8	7,2	790	60	333	16	28	**16,86**	**493,0**	**0,208**
24	CO	CO2	21,2	78,8	410	23	296	28	44	**40,61**	**204,7**	**0,148**
25	H2	CO	81,1	18,9	77	400	673	2	28	**6,91**	**1202,5**	**10,510**
26	азот	CO2	8,7	91,3	230	-6	267	28	44	**42,61**	**195,1**	**0,227**
27	метан	CO	4,8	95,2	912	54	327	16	28	**27,42**	**303,2**	**0,109**
28	CO	CO2	31,6	68,4	790	90	363	28	44	**38,94**	**213,5**	**0,098**
29	H2	CO	73,3	26,7	630	35	308	2	28	**8,94**	**929,8**	**0,455**
30	азот	CO2	61,9	38,1	480	42	315	28	44	**34,10**	**243,8**	**0,160**
31	метан	CO	63,2	36,8	537	26	299	16	28	**20,42**	**407,2**	**0,227**
32	CO	CO2	9,5	90,5	820	45	318	28	44	**42,48**	**195,7**	**0,076**

Исходные данные и решение задачи 2

Условие											Решение															
Вар	Вещество	Вид процесса	P1, МПа	P2, МПа	t1, C	t2, C	v1, м3/кг	v2, м3/кг	К ув.	К ум.	M, кг/кмоль	R, Дж/(кг К)	P1, МПа	P2, МПа	T1, К	T2, К	v1, м3/кг	v2, м3/кг	du, кДж/кг	dh, кДж/кг	ds, Дж/(кг К)	l, кДж/кг	q, кДж/кг	k	Ср, кДж/(кг К)	Tср, С
1	воздух	P=const	0,5	0,5	20	167			1,5		29	286,7	0,5	0,5	293	439,5			105,4	147,4	407,857	42,0	147,4		1,0059	93,25
2	азот	V=const			70	1099	0,55	0,55	4		28	296,9			343	1372			800,6	1106,2	1078,636	0	800,6		1,075	584,5
3	O2	T=const	0,2		80	65			4,5		32	259,8		0,044	353	338	0,459	2,064	0	0	390,8	137,9	137,9			
4	CO	адиабатный	0,3		300	96,2			3	0,33	28	296,9		0,06	573	369,2			-151,26	-213,18	0,0	151,257	0	1,4	1,0462	198,12
5	CO2	P=const	0,1	0,1	40	-32,2			0,77	1,3	44	189,0	0,1	0,1	313	240,8			-45,3	-59,0	-214,220	-13,6	-59,0		0,8165	3,8846
6	воздух	V=const			85	25,3	0,49	0,49	0,83	1,2	29	286,7			358	298,3			-42,8	-59,9	-130,818	0	-42,8		1,0042	55,167
7	азот	T=const	0,4		60	60			3		28	296,9		0,13	333	333	0,247	0,742	0	0	326,2	108,6	108,6			
8	O2	адиабатный	0,08		70	513				8	32	259,8		1,47	343	786,4			288,72	421,22	0,0	-288,72	0	1,4	0,9499	291,72
9	CO	P=const	0,5	0,5	20	1104			4,7		28	296,9	0,5	0,5	293	1377			849,3	1171,2	1671,832	321,9	1171,2		1,0803	562,05
10	CO2	V=const			10	208	0,44	0,44	1,7		44	189,0			283	481,1			134,5	171,9	360,162	0	134,5		0,8677	109,05
11	воздух	T=const	0,6		85	85			6		29	286,7		0,10	358	358	0,171	1,026	0	0	513,7	183,9	183,9			
12	азот	адиабатный	0,2		116	57,9			1,5		28	296,9		0,113	389	330,9			-43,24	-60,41	0,0	43,24	0	1,4	1,0396	86,945
13	O2	P=const	0,03	0,03	100	-86,5			0,5	2	32	259,8	0,03	0,03	373	186,5			-122,2	-170,6	-634,091	-48,5	-170,6		0,9148	6,75
14	CO	V=const			70	-44,3	0,63	0,63	0,67	1,5	28	296,9			343	228,7			-84,9	-118,9	-301,208	0	-84,9		1,0398	12,833
15	CO2	T=const	0,7		50	50			0,22	4,5	44	189,0		3,15	323	323	0,087	0,019	0	0	-284,2	-91,8	-91,8			
16	CO2	адиабатный	0,3		55	127				2	44	189,0		0,73	328	399,7			47,50	62,21	0,0	-47,5	0	1,3	0,8677	90,85
17	воздух	P=const	0,7	0,7	-10	253			2		29	286,7	0,7	0,7	263	526			189,2	264,6	697,237	75,4	264,6		1,0059	121,5
18	азот	V=const			25	323	1	1	2		28	296,9			298	596			221,9	310,4	516,236	0	221,9		1,0417	174
19	O2	T=const	0,4		65	65			1,4		32	259,8		0,29	338	338	0,220	0,307	0	0	87,4	29,5	29,5			
20	CO	адиабатный	0,09		350	54,8			5	0,2	28	296,9		0,01	623	327,8			-219,68	-308,87	0,0	219,682	0	1,4	1,0462	202,39
21	воздух	P=const	0,7	0,7	125	-74			0,5	2	29	286,7	0,7	0,7	398	199			-142,7	-199,7	-695,643	-57,1	-199,7		1,0036	25,5
22	азот	V=const			35	-36,1	0,86	0,86	0,77	1,3	28	296,9			308	236,9			-52,7	-73,8	-194,614	0	-52,7		1,0387	-0,538
23	O2	T=const	0,7		45	45			7		32	259,8		0,10	318	318	0,118	0,826	0	0	505,6	160,8	160,8			
24	CO	адиабатный	0,05		15	228				4	28	296,9		0,35	288	500,8			158,32	221,71	0,0	-158,32	0	1,4	1,042	121,38
25	CO2	P=const	0,2	0,2	32	520			2,6		44	189,0	0,2	0,2	305	793			366,5	458,7	898,181	92,2	458,7		0,94	276
26	воздух	V=const			80	292	0,53	0,53	1,6		29	286,7			353	564,8			153,2	213,9	339,958	0	153,2		1,01	185,9
27	O2	T=const	0,7		50	50			2,6		32	259,8		0,27	323	323	0,120	0,312	0	0	248,3	80,2	80,2			
28,0	CO	адиабатный	0,7		30,0	-27,8			1,7	0,6	28,0	296,9		0,3	303,0	245,2			-43,0	-60,1	0,0	43,0	0,0	1,4	1,0	1,1
29	воздух	P=const	0,7	0,7	200	484			1,6	0,63	29	286,7	0,7	0,7	473	756,8			208,9	290,3	480,767	81,4	290,3		1,0229	341,9
30	азот	V=const			20	-28,8	0,93	0,93	0,83	1,2	28	296,9			293	244,2			-36,2	-50,7	-135,241	0	-36,2		1,0387	-4,417
31	O2	T=const	0,9		50	50			8,5		32	259,8		0,11	323	323	0,093	0,793	0	0	556,0	179,6	179,6			
32	CO	адиабатный	0,1		48	182				2,4	28	296,9		0,34	321	455,2			99,88	139,81	0,0	-99,876	0	1,4	1,0416	115,11

Исходные данные и решение задачи 3

Условия								Решение							
Вариант	Вещество	V, м3	m, кг	P1, МПа	P2, МПа	t2, С		M, кг/кмоль	R, Дж/(кг К)	v1, м3/кг	v2, м3/кг	T1, К	T2, К	n	l, кДж/кг
1	азот	4,7	10	0,6	0,4	16		28	296,9	0,470	0,215	949,7	289	-0,52	-129,3
2	O_2	3,8	50	0,9	0,1	50		32	259,8	0,076	0,839	263,3	323	0,915	182,3
3	CO	4,9	40	0,9	0,2	90		28	296,9	0,123	0,539	371,3	363	1,015	161,5
4	воздух	8	10	0,3	0,7	200		29	286,7	0,800	0,194	837,1	473	0,597	-259,3
5	азот	8,5	30	0,5	0,8	30		28	296,9	0,283	0,112	477,1	303	0,509	-105,2
6	O_2	5,9	10	0,3	0,7	80		32	259,8	0,590	0,131	681,3	353	0,563	-195,2
7	CO	3,4	10	0,5	0,7	55		28	296,9	0,340	0,139	572,5	328	0,377	-116,5
8	воздух	5,4	15	0,7	0,3	60		29	286,7	0,360	0,318	879,0	333	-6,87	-19,9
9	азот	5	60	1,5	0,4	45		28	296,9	0,083	0,236	421,0	318	1,269	113,5
10	O_2	5,3	10	0,3	0,06	13		32	259,8	0,530	1,238	612,0	286	1,896	94,5
11	CO	8,5	20	0,6	0,3	55		28	296,9	0,425	0,325	858,8	328	-2,57	-44,1
12	воздух	1,6	2	0,1	0,6	80		32	259,8	0,800	0,153	307,9	353	1,083	-141,9
13	азот	10	10	0,07	0,9	80		28	296,9	1,000	0,116	235,7	353	1,188	-185,4
14	O_2	7,8	2,5	0,05	0,4	67		32	259,8	3,120	0,221	600,4	340	0,785	-315,1
15	CO	5,8	10	0,3	0,9	27		28	296,9	0,580	0,099	586,0	300	0,621	-224,3
16	воздух	4,2	18	0,7	0,03	50		29	286,7	0,233	3,087	569,7	323	1,22	321,9
17	азот	1,6	5	0,6	0,3	65		28	296,9	0,320	0,335	646,6	338	15,6	6,3
18	O_2	9,6	100	0,6	0,2	10		32	259,8	0,096	0,368	221,7	283	0,818	87,6
19	CO	0,5	4	1,3	0,8	35		28	296,9	0,125	0,114	547,3	308	-5,43	-11,0
20	воздух	3,7	0,9	0,02	0,7	160		29	286,7	4,111	0,177	286,8	433	1,131	-319,8
21	азот	1,4	0,7	0,1	1,1	65		28	296,9	2,000	0,091	673,6	338	0,777	-446,1
22	O_2	2,2	0,5	0,03	0,1	100		32	259,8	4,400	0,969	508,1	373	0,796	-171,8
23	CO	4,8	10	0,2	1,4	17		44	189,0	0,480	0,039	508,1	290	0,776	-184,2
24	воздух	3,5	20	1,7	0,6	85		29	286,7	0,175	0,171	1037,7	358	-45,7	-4,2
25	азот	3,5	15	0,3	0,01	75		28	296,9	0,233	10,333	235,7	348	0,897	324,4
26	O_2	7,9	100	1,3	0,35	40		32	259,8	0,079	0,232	395,3	313	1,216	98,8
27	CO	5,5	100	1,4	0,45	87		28	296,9	0,055	0,238	259,3	360	0,776	133,3
28	воздух	4	1,5	0,08	0,7	60		29	286,7	2,667	0,136	744,1	333	0,73	-435,8
29	азот	3,8	1,5	0,05	0,3	70		28	296,9	2,533	0,339	426,6	343	0,891	-228,7
30	O_2	6	70	0,7	1,4	70		32	259,8	0,086	0,064	230,9	343	2,329	-21,9
31	CO	6,8	25	0,6	1,4	95		28	296,9	0,272	0,078	549,6	368	0,679	-167,8
32	воздух	8,2	10	0,3	0,1	75		29	286,7	0,820	0,998	858,1	348	5,601	31,8

Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет)

1. Понятие энергии, теплоты, работы.
2. Термодинамическая система, ее составляющие, примеры рабочих тел. Виды термодинамических систем.
3. Равновесное и неравновесное состояние термодинамической системы.
4. Термодинамический процесс, виды термодинамических процессов. Понятие обратимого и необратимого процесса, признаки обратимости, причины необратимости.
5. Термические параметры состояния термодинамической системы.
6. Уравнение состояния идеального газа.
7. Калорические параметры состояния термодинамической системы.
8. Виды обмена энергией в термодинамике.
9. Работа изменения объема, ее определение в термодинамическом процессе аналитически и графическим методом.
10. Теплота, ее определение в термодинамическом процессе аналитически и графическим методом.
11. Понятие теплоемкости, виды теплоемкости.
12. Уравнение Майера. Показатель адиабаты.
13. I закон термодинамики: формулировки, математические выражения. Термодинамическое тождество.
14. II закон термодинамики: формулировки, математические выражения. Термодинамическое тождество. Интеграл Клаузиуса.
15. Анализ термодинамических процессов с идеальным газом. Определение изменений калорических параметров состояния в произвольном термодинамическом процессе.
16. Термодинамический анализ политропного процесса. Изображение политропного процесса на диаграммах P-υ и T-s. Схема энергетического баланса.
17. Термодинамический анализ изохорного, изобарного, изотермического и адиабатического процессов с идеальным газом, их изображение на диаграммах P-υ и T-s.
18. Общие свойства реальных газов (паров). Коэффициент сжимаемости реальных газов.
19. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа в координатах P-υ.
20. Понятие насыщенного и перегретого пара. Влажный пар. Степень сухости пара.
21. Процесс получения перегретого пара в пароперегревателе. Изображение процесса производства перегретого пара на диаграммах P-υ, T-s и h-s, графическое определение основных показателей процесса.
22. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы с водяным паров, их изображение на диаграммах P-υ, T-s и h-s.
23. Влажный воздух как рабочее тело. Свойства влажного воздуха. Термодинамические процессы с влажным воздухом.
24. Термодинамика потока газа (пара). Средняя скорость потока. Уравнение неразрывности потока в интегральной и дифференциальной форме.
25. Удельная работа проталкивания, удельная техническая работа, удельная располагаемая работа (работа изменения давления). I закон термодинамики для потока газа (пара).
26. Дросселирование газов и паров. Термодинамика дросселирования идеальных и реальных газов.
27. Нагнетание (сжатие) газов и паров. Термодинамика нагнетания. Индикаторная диаграмма компрессора. Многоступенчатое сжатие газов (паров).
28. Устройство, классификация, сравнительная характеристика и области применения компрессоров различных типов.
29. Классификация циклических термодинамических процессов. Термический КПД и холодильный коэффициент.
30. Цикл Карно (прямой и обратный), аналитические зависимости, изображение на диаграммах P-υ и T-s.
31. Пароводяной цикл Ренкина – схема цикла, аналитические зависимости,

изображение на диаграммах P-υ, T-s, h-s.

32. Цикл газотурбинной установки (прямой) без регенератора и с регенератором – схема цикла, аналитические зависимости, изображение на диаграммах P-υ и T-s.

33. Системы теплоснабжения и энергоснабжения нефтеперерабатывающих предприятий.

34. Принципиальная схема ТЭЦ.

35. Холодильные установки. Цикл воздушной компрессорной установки.

36. Холодильные установки. Цикл паровой компрессорной установки.

37. Холодильные установки. Цикл абсорбционной холодильной установки.

38. Холодильные установки. Цикл теплового насоса. Цикл глубокого холода.

39. Классификация топлив. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Понятие условного топлива и нефтяного эквивалента.

40. Состав топлив.

41. Состав дымовых газов (продуктов сгорания).

42. Расчет процесса горения жидкого и газообразного топлива. Теплота сгорания топлива. Определение теоретического и действительного расхода воздуха.

43. Каталитическое горение.

44. Классификация источников энергии.

45. Классификация теплообменных аппаратов.

46. Тепловой баланс теплоиспользующего оборудования.

47. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи, его использование для инженерных расчетов.

48. Основное уравнение теплоотдачи. Связь коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.

49. Методы повышения эффективности процессов теплообмена.

50. Особенности лучистого теплообмена. Законы излучения.

51. Устройство трубчатых печей. Особенности теплообмена в трубчатых печах.

52. Основные показатели работы трубчатой печи.

53. Тепловой баланс печи. Определение расхода топлива.

54. Методика расчета печи Н. И. Белоконя.

55. Конструкция, сравнительная характеристика и области применения трубчатых печей различных типов.

56. Понятие вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Классификация ВЭР. Основные направления использования ВЭР. Способы утилизации теплоты.

57. Характеристика и область применения оборудования использования ВЭР: котлов-утилизаторов, воздухоподогревателей, контактных и контактно-поверхностных утилизаторов, реакторов каталитического дожига, тепловых труб, аппаратов мгновенного вскипания, теплообменников с промежуточным теплоносителем.

58. Технологические схемы глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ. ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Процедура оценивания представлена в таблице и реализуется поэтапно.

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение 1 ОПОП). Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений, обучающихся
1	Конспект по самостоятельно изученному материалу	Систематически на лекциях (письменно)	Экспертный	Зачет / незачет	Рабочая книжка преподавателя
2	Контрольная работа	По окончанию изучения раздела 1 (письменно)	Экспертный	Зачет / незачет	Рабочая книжка преподавателя
2	Зачет (вопросы к зачету)	В конце семестра перед сессией (устно)	Экспертный	Зачет / незачет	Рабочая книжка преподавателя, зачетная книжка, зачетная ведомость, учебная карточка, портфолио

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: «зачет / незачет».

Шкала оценивания
(интегральная оценка)

«Зачет» выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на **65 % и более** оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Незачет» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций менее чем **65 %** (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Выставляется в том случае, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Зачет по дисциплине может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.