

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП

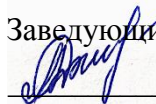


Ю.А. Очередко

«31» августа 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АФХ



Л.А. Джигола

«31» августа 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Техническая термодинамика и теплотехника»

Составитель

**Очередко Ю.А., доцент, к.т.н.,
доцент кафедры химии**

Направление подготовки

04.03.01 ХИМИЯ

Направленность (профиль) ОПОП

НЕФТЕХИМИЯ

Квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очно-заочная

Год приема

2023

Курс

1

Семестр

2

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целями освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» являются формирование современных представлений об основных понятиях и законах технической термодинамики и применении этих законов в теплотехнике.

1.2. Задачи освоения дисциплины: изучение законов термодинамики для расчетов показателей тепловых машин, изучение термодинамического анализа тепловых процессов и установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Техническая термодинамика и теплотехника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и осваивается в 2 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника. «Входные» знания и умения обучающегося связаны со знанием теоретических основ физической химии.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:

- Физическая химия

Знания: основные понятия физической химии.

Умения: использовать основные законы физической химии.

Навыки: пользования методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ; пользования вычислительной техникой.

2.3. Последующие учебные дисциплины и (или) практики, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Теоретические основы нефти и газа

- Химико-аналитический контроль в нефтехимии

- Химическая технология нефти и газа.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

в) профессиональной (ПК):

ПК-3 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-3 Способен проводить	ИПК-3.1.1 основные понятия технической	ИПК-3.2.1 решать задачи с использованием	ИПК-3.3.1 навыками использования

экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	термодинамики ИПК-3.1.2 тепловые процессы и установки ИПК-3.1.3 законы технической термодинамики	основных законов технической термодинамики при расчетах показателей работы теплотехники ИПК-3.2.2 различать тепловые установки ИПК-3.2.3 проводить термодинамический анализ тепловых процессов и установок	основных понятий и законов термодинамики в расчетах, необходимых для характеристики работы тепловых машин ИПК-3.3.2 методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ ИПК-3.3.3 навыками термодинамического анализа тепловых процессов и установок
---	--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, в том числе 26 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 26 часов – лабораторные работы), и 46 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины

Наименование раздела (темы)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоят. т. работа		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики	2			4		6	Собеседование
Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	2			4		8	Собеседование Практическое задание
Тема 3. Второй закон термодинамики	2			4		8	Собеседование Практическое задание
Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок	2			4		8	Собеседование Контрольная работа 1
Тема 5. Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу	2			4		8	Собеседование Контрольная работа 2
Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки	2			6		8	Собеседование Круглый стол Контрольная работа 3

Итого				26		46	Зачет
--------------	--	--	--	-----------	--	-----------	--------------

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-3	
Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики	10	+	1
Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	12	+	1
Тема 3. Второй закон термодинамики	12	+	1
Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок	12	+	1
Тема 5. Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу	12	+	1
Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки	14	+	1
Итого	72		1

Краткое содержание учебной дисциплины

Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики

Предмет технической термодинамики и её теоретические основы. Роль изучаемой дисциплины, её связь со смежными дисциплинами. Историческое развитие и актуальные проблемы промышленной теплотехники в связи с научно-техническим прогрессом в нефтехимической промышленности. Термодинамическая система. Параметры состояния рабочего тела и единицы их измерения. Идеальный газ, уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная и её физический смысл. Газовые смеси, способы задания, определение газовой постоянной и молярной массы смеси. Реальный газ. Уравнения состояния реального газа. Теплоёмкость рабочего тела: массовая, объёмная, молярная. Теплоёмкость, как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоёмкость, связь между ними. Зависимость теплоёмкости от температуры. Истинная и средняя теплоёмкость. Теплоёмкость смеси газов.

Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы

Энергетические характеристики термодинамических систем: теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия. Понятие функции процесса и функции состояния. Эквивалентность теплоты и работы. Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость. Графическое изображение процессов. Механическая и тепловая диаграммы. Политропные процессы, их исследование и графическое изображение в рабочей диаграмме. Энергетические характеристики политропных процессов.

Тема 3. Второй закон термодинамики

Сущность второго закона термодинамики и его различные формулировки (Клаузиуса, Томсона, Больцмана, Планка). Общие положения теории циклов. Циклы прямые и обратные. Термический к.п.д, холодильный и отопительный коэффициенты. Цикл Карно, интеграл Клаузиуса. Энтропия - параметр состояния, её физический смысл, изменение в процессах. Тепловая диаграмма.

Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок

Законы термодинамики для открытых систем. Основные уравнения термодинамики газового потока. Располагаемая работа потока. Адиабатное истечение, критическая скорость и максимальный расход идеального газа. Истечение капельных жидкостей, паров и газов с учётом трения. Рабочий процесс идеального поршневого компрессора и

изображение его в тепловой и рабочей диаграммах. Определение потребляемой мощности компрессора.

Тема 5. Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу

Теплосиловые установки: циклы поршневых ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера); газотурбинных и паросиловых установок (цикл Ренкина, парогазовая установка). Холодильные машины (воздушная, парокомпрессорная). Основные допущения и принципы расчёта; изображение циклов в рабочей и тепловой диаграммах. Анализ различных групп высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок

Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки

Рабочее тело в паровых двигателях. Работа теплового поршневого двигателя. Цикл парового двигателя. Рабочее тело в ДВС. Карбюраторные ДВС. Дизельные ДВС. Принцип работы поршневого ДВС. Двигатели с внутренним смесеобразованием. Цикл ДВС. Рабочее тело в холодильных установках. Холодильные циклы.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к лекциям, семинарским и практическим занятиям обусловлена потребностью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

Лабораторные занятия способствуют закреплению знаний полученных студентами в ходе теоретического обучения (лекции) и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики лабораторных таково - этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого лабораторного занятия преподаватель планирует 6- 7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа обучающихся проводится с использованием учебно-методической литературы и интернет-ресурсов. В случае возникновения вопросов они могут быть заданы преподавателю на индивидуальной консультации или по электронной почте.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Стромберг, А.Г. Физическая химия. - М.: ВШ. 2007. - 527 с.

2. Теплотехника : доп. М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. для студ. техн. спец. вузов / под ред. В.Н. Луканина. - 6 изд. ; стер. - М. : Высш. школа, 2008. - 671 с. : ил.
3. Русанов, А.И. Термодинамические основы механохимии / А.И. Русанов. – СПб.: Наука, 2006. – 221 с.: 19 ил.
4. Мирам А.О., Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Электронный ресурс] / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017 - 352 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html>
5. Кудинов В.А., Теплотехника [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М. : Абрис, 2012 - 423 с. – ISBN 978-5-4372-0044-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200445.html>
6. Рудобашта С.П., Теплотехника [Электронный ресурс] / Рудобашта С. П. - М. : КолосС, 2010 - 599 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206587.html>

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики Предмет технической термодинамики и её теоретические основы. Роль изучаемой дисциплины, её связь со смежными дисциплинами. Историческое развитие и актуальные проблемы промышленной теплотехники в связи с научно-техническим прогрессом в нефтехимической промышленности. Термодинамическая система. Параметры состояния рабочего тела и единицы их измерения. Идеальный газ, уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная и ее физический смысл. Газовые смеси, способы задания, определение газовой постоянной и молярной массы смеси. Реальный газ. Уравнения состояния реального газа. Теплоёмкость рабочего тела: массовая, объемная, молярная. Теплоёмкость, как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоёмкость, связь между ними. Зависимость теплоёмкости от температуры. Истинная и средняя теплоёмкость. Теплоёмкость смеси газов.	6	Индивидуальная работа
Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы Энергетические характеристики термодинамических систем: теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия. Понятие функции процесса и функции состояния. Эквивалентность теплоты и работы. Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость. Графическое изображение процессов. Механическая и тепловая диаграммы. Политропные процессы, их исследование и графическое изображение в рабочей диаграмме. Энергетические характеристики политропных процессов.	8	Индивидуальная работа
Тема 3. Второй закон термодинамики Сущность второго закона термодинамики и его различные формулировки (Клаузиуса, Томсона, Больцмана, Планка). Общие положения теории циклов. Циклы прямые и обратные. Термический к.п.д, холодильный и отопительный коэффициенты. Цикл Карно, интеграл Клаузиуса. Энтропия - параметр состояния, ее физический смысл, изменение в процессах. Тепловая диаграмма.	8	Индивидуальная работа
Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок Законы термодинамики для открытых систем. Основные уравнения термодинамики газового потока. Располагаемая работа потока. Адиабатное истечение, критическая скорость и максимальный	8	Индивидуальная работа

расход идеального газа. Истечение капельных жидкостей, паров и газов с учётом трения. Рабочий процесс идеального поршневого компрессора и изображение его в тепловой и рабочей диаграммах. Определение потребляемой мощности компрессора.		
Тема 5. Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу Теплосиловые установки: циклы поршневых ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера); газотурбинных и паросиловых установок (цикл Ренкина, парогазовая установка). Холодильные машины (воздушная, парокомпрессорная). Основные допущения и принципы расчёта; изображение циклов в рабочей и тепловой диаграммах. Анализ различных групп высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок.	8	Индивидуальная работа
Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки Рабочее тело в паровых двигателях. Работа теплового поршневого двигателя. Цикл парового двигателя. Рабочее тело в ДВС. Карбюраторные ДВС. Дизельные ДВС. Принцип работы поршневого ДВС. Двигатели с внутренним смесеобразованием. Цикл ДВС. Рабочее тело в холодильных установках. Холодильные циклы.	8	Индивидуальная работа

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно

По каждой теме, изученной обучающимися самостоятельно, должен быть написан конспект. Конспект должен быть выполнен в ученической тетради в клетку (строчки «через клеточку») «от руки». На титульном листе должны быть разборчиво написаны фамилия, имя, отчество, факультет, курс, группа, тема. Конспект должен отражать основные понятия, формулы, постулаты. В конце работы ставится число и подпись.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучения и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа
Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа
Тема 3. Второй закон термодинамики	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая

			лабораторная работа
Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа
Тема 5. Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа
Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Групповая лабораторная работа

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах *on-line* и/или *off-line* в формах: видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференций, собеседования в режиме чата, выполнения виртуальных лабораторных работ и др.

6.2. Информационные технологии

Информационные технологии, используемые при реализации различных видов учебной и внеучебной работы:

- использование возможностей интернета в учебном процессе (использование сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т. д.));
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

1. Microsoft Office 2013;
2. Microsoft Windows 7 Professional;
3. Платформа дистанционного обучения *LMS Moodle* (виртуальная обучающая среда).

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://asu.edu.ru>
2. <https://biblio.asu.edu.ru> (Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех»)

3. <http://www.studentlibrary.ru> (Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru)

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Предмет и задачи технической термодинамики	ПК-3	Собеседование
Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	ПК-3	Собеседование Практическое задание
Второй закон термодинамики	ПК-3	Собеседование Практическое задание
Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок	ПК-3	Собеседование Контрольная работа 1
Основы теплотехники. Циклические процессы преобразования теплоты в работу	ПК-3	Собеседование Контрольная работа 2
Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания. Холодильные установки	ПК-3	Собеседование Круглый стол Контрольная работа 3

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и

	формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Тема 1. Предмет и задачи технической термодинамики

1. Вопросы для собеседования

- 1) Предмет технической термодинамики и её теоретические основы.
- 2) Роль изучаемой дисциплины, её связь со смежными дисциплинами.
- 3) Историческое развитие и актуальные проблемы промышленной теплотехники в связи с научно-техническим прогрессом в нефтехимической промышленности.
- 4) Термодинамическая система.
- 5) Параметры состояния рабочего тела и единицы их измерения.
- 6) Идеальный газ, уравнение состояния идеального газа.
- 7) Газовая постоянная и её физический смысл.
- 8) Газовые смеси, способы задания, определение газовой постоянной и молярной массы смеси.
- 9) Реальный газ. Уравнения состояния реального газа.
- 10) Теплоёмкость рабочего тела: массовая, объёмная, молярная.
- 11) Теплоёмкость, как функция процесса.
- 12) Изохорная и изобарная теплоёмкость, связь между ними.
- 13) Зависимость теплоёмкости от температуры.
- 14) Истинная и средняя теплоёмкость.
- 15) Теплоёмкость смеси газов.

Тема 2. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы

1. Вопросы для собеседования

- 1) Энергетические характеристики термодинамических систем: теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия.

- 2) Понятие функции процесса и функции состояния.
- 3) Эквивалентность теплоты и работы.
- 4) Сущность и уравнение первого закона термодинамики.
- 5) Равновесные термодинамические процессы и их обратимость.
- 6) Графическое изображение процессов.
- 7) Механическая и тепловая диаграммы.
- 8) Политропные процессы, их исследование и графическое изображение в рабочей диаграмме.
- 9) Энергетические характеристики политропных процессов.

2. Практическое задание

- 1) Водяной пар адиабатно расширяется в турбине при уменьшении удельной энтальпии пара 1220 кДж/кг. Определить расход пара на турбину, если внутренняя мощность ее составляет 104 МВт. Изменением кинетической энергии пара пренебречь. (85 кг/сек)
- 2) В пароводяной подогреватель поступают 24 кг/сек воды при начальной температуре 45°C и 1,18 кг/сек греющего пара при уменьшении удельной энтальпии греющей среды 2300 кДж/кг. Определить конечную температуру нагреваемой воды и тепловую мощность подогревателя. Принять, что для воды $\Delta h_B = c_B \Delta t_B$. Теплообменом подогревателя с окружающей средой пренебречь. (72°C; 2700 кВт)
- 3) Определить часовой расход топлива, необходимого для работы паровой турбины мощностью 500 кВт, если теплотворность топлива 30000 кДж/кг, к.п.д. установки 20%. (300 кг)
- 4) 10 кг воздуха при начальной температуре 0°C изменяют свое состояние до конечной температуры 300°C. Определить изменение внутренней энергии воздуха, считая его идеальным газом. (2242 кДж)
- 5) В котельной электростанции за 10 ч работы сожжено 100 т каменного угля с теплотворностью 28000 кДж/кг. Определить мощность электростанции, если к.п.д. станции 20%. (115555 кВт)
- 6) Воздух, имеющий начальные параметры $p=10$ бар, $V=0,4$ м³ и $t=127^\circ\text{C}$, нагревается при постоянном объеме до температуры 327°C. Определить массу воздуха, конечное давление и количество подводимой теплоты. (3,5 кг; 15 бар; 527 кДж)
- 7) Смешивается воздух двух потоков: холодный с температурой 10°C и горячий с температурой 1000°C; смесь имеет температуру 100°C. Определить массовые доли холодного и горячего воздуха, считая давление холодного, горячего и смеси воздуха одинаковым. (0,912 и 0,088)
- 8) При постоянном давлении к 1 кг воздуха подводится 5000 кДж/кг теплоты. Найти конечную температуру, если начальная 20°C. (500°C)
- 9) Для определения теплоты сгорания топлива в калориметрической бомбе применяется кислород из баллона объемом 0,006 м³ при абсолютном давлении 120 бар и температуре 300 К. Определить, на сколько зарядов хватит кислорода, если объем бомб 0,0004 м³, а абсолютное давление кислорода в бомбе 22 бар при температуре 300 К. (67)
- 10) Определить газовую постоянную, плотность и парциальные давления для смеси, состоящей из 20 массовых долей воздуха и одной массовой доли светильного газа. Плотность светильного газа при температуре 273 К и давлении 101325 н/м² равна 0,52 кг/м³. (306,3 Дж/(кг*К); 1,21 кг/м³; 90100 н/м² и 11225 н/м²)
- 11) 2 кг воздуха при постоянном абсолютном давлении в 2 бар и температуре 2800 К расширяется до конечной температуры 423 К. Определить конечный объем воздуха, количество подведенной теплоты, работу расширения. (2,54 м³; 277 кДж; 79,2 кДж)
- 12) 12 кг воздуха при абсолютном давлении в 6 бар и температуре 300 К расширяются при постоянной температуре, при этом объем увеличивается в 4 раза. Определить начальные и конечные параметры воздуха, количество подведенной теплоты и работу расширения. (1,725 м³; 6,9 м³; 1,5 бар; 1450 кДж; 1450 кДж)

Тема 3. Второй закон термодинамики

1. Вопросы для собеседования

- 1) Сущность второго закона термодинамики и его различные формулировки (Клаузиуса, Томсона, Больцмана, Планка).
- 2) Общие положения теории циклов.
- 3) Циклы прямые и обратные.
- 4) Термический к.п.д, холодильный и отопительный коэффициенты.
- 5) Цикл Карно, интеграл Клаузиуса.
- 6) Энтропия - параметр состояния, ее физический смысл, изменение в процессах.
- 7) Тепловая диаграмма.

2. Практическое задание

- 1) Водяной пар адиабатно расширяется в турбине при уменьшении удельной энтальпии пара 1220 кДж/кг. Внутренняя мощность турбины составляет 104 МВт, а для пара $\Delta s = 0,78$ кДж/(кг*К). Определить потери эксергии и к.п.д. процесса. Изменением кинетической энергии пара пренебречь. (19 МВт; 0,85)
- 2) Рассчитать характеристики термодинамической эффективности пароводяного подогревателя с тепловой мощностью 2700 кВт, в который поступают 24 кг/сек воды при начальной температуре 450С и нагревается до температуры 72⁰С, если по проектному режиму намечено использование греющего водяного пара при $p = 70$ кН/м² ($D = 1,18$ кг/сек, $\Delta h = 2300$ кДж/кг и $\Delta s = 6,30$ кДж/(кг*К)), а при нарушенном режиме оказалось $p' = 330$ кН/м² ($D' = 1,24$ кг/сек, $\Delta h' = 2180$ кДж/кг и $\Delta s = 5,30$ кДж/(кг*К)). (210 кВт и 450 кВт; 0,63 и 0,44; 240 кВт; 700 кг)
- 3) Рассчитать термодинамические характеристики топливной идеальной теплосиловой установки, работающей по квазистатическому циклу при среднетермодинамических температурах рабочего тела $T_{1m} = 600$ К и $T_{2m} = 330$ К, если для горячего источника $T_{gm} = 1800$ К, а тепловой поток при сгорании топлива составляет $Q_T = 240$ МВт. (94 МВт; 0,45)
- 4) Воздух в противоточном теплообменнике нагревается от температуры 40⁰С, а газы охлаждаются от 450⁰С до 200⁰С. тепловые потери теплообменника составляют 20% от теплоты, отдаваемой газом. Определить потерю работоспособности на 1 кг проходящего газа вследствие необратимого теплообмена. Газ и воздух считать идеальными газами, обладающими свойствами воздуха. Теплоемкость воздуха и газов считать величинами постоянными. Температура окружающей среды равна 25⁰С. (71 кДж/кг)
- 5) Определить работоспособность (эксергию) 1 кг воздуха, находящегося под давлением 4,0 Мн/м² или 40 бар и имеющего температуру 500⁰С. Температура и давление окружающей среды 27⁰С и 1 бар. Задачу решить при постоянной и переменной теплоемкостях. (310,0 кДж/кг; 317,0 кДж/кг)
- 6) Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы в политропном процессе нагреть 5 кг воздуха от 300 К при давлении 4 бар до 1000 К при давлении 10 бар. Теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг*К). (2738 кДж)
- 7) Определить среднеинтегральную и среднеарифметическую температуры газа в политропном процессе, если начальная температура 800 К, а конечная 2000 К. (1400 К; 1315 К)

Тема 4. Основы термодинамического анализа тепловых процессов и установок

1. Вопросы для собеседования

- 1) Законы термодинамики для открытых систем.
- 2) Основные уравнения термодинамики газового потока.
- 3) Располагаемая работа потока.
- 4) Адиабатное истечение, критическая скорость и максимальный расход идеального газа.
- 5) Истечение капельных жидкостей, паров и газов с учётом трения.

- 6) Рабочий процесс идеального поршневого компрессора и изображение его в тепловой и рабочей диаграммах.
- 7) Определение потребляемой мощности компрессора.

2. Комплект заданий для контрольной работы

1. Наука, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств, называется_____
2. «Обратимые процессы взаимопреобразования тепла в работу в изолированной системе без компенсации неосуществимы» - это условие _____
3. Процесс, для которого все промежуточные состояния равновесны, т.е. бесконечно замедленный, с выравниванием свойств во всей массе тела и при отсутствии диссипативных явлений, называется_____
4. Передача энергии в результате макроскопического, упорядоченного, направленного движения называется_____
5. Потери в процессе теплообмена с горячим источником определяются как:
6. Физические величины, значения которых однозначно определяются состоянием системы и не зависят от того, по какому «пути» система пришла в данное состояние, называются_____
7. Какая из данных величин не является основным параметром термодинамического состояния: удельный объем; абсолютная температура; давление; энергия? (подчеркните нужное)
8. В квазистатическом изобарном процессе количество тепла численно равно_____
9. Часть полного запаса энергии термодинамической системы, которая не связана с положением системы в поле внешних сил и ее движением относительно тел окружающей сред, называется_____
10. Потери в процессе теплообмена с холодным источником определяются формулой:
11. При подводе теплоты энтропия системы: убывает; возрастает; остается неизменной; равна нулю. (подчеркните нужное)
12. Как произведение потенциала термического взаимодействия (температуры) на изменение координаты термического состояния (энтропии) определяется_____
13. Часть энергоресурса установки, способная к преобразованию в полезную работу и в другие виды энергоресурсов при обратимом протекании процесса и взаимодействии установки с окружающей средой, называется_____
14. Приращение внешней кинетической энергии газа при его перемещении называется_____
15. Эксергия потока тепла определяется формулой:

16. Параметром состояния не является: энтальпия; внутренняя энергия; теплота; энтропия. (подчеркните нужное)
17. В квазистатическом изохорном процессе количество тепла численно равно _____
18. Параметры состояния, не зависящие от массы системы, называются _____
19. Для необратимых процессов энтропия _____
20. Анергия потока тепла определяется формулой:
21. «В изолированной системе переход тепла от холодного тела к тепловому невозможен без компенсации» - это формулировка _____
22. Совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией друг с другом и окружающей средой, - это _____
23. Отношение количества теплоты в бесконечно малом термодинамическом процессе к изменению температуры в том же процессе – это _____
24. Уравнение $\Delta S^0 = - \frac{Q_r}{T_{rm}} + \frac{Q_0}{T_0} \geq 0$ является основным условием осуществления _____
25. Характеристикой холодильной установки является _____
26. Потери эксергии в процессе сгорания топлива определяются из соотношения:
27. Предельная эффективность действия тепломеханической установки определяется _____
28. Потери эксергии для обратимых процессов _____

Тема 5. Основы теплотехники.

Циклические процессы преобразования теплоты в работу

1. Вопросы для собеседования

- 1) Циклы поршневых ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера).
- 2) Циклы газотурбинных и паросиловых установок (цикл Ренкина, парогазовая установка).
- 3) Холодильные машины (воздушная, парокомпрессорная).
- 4) Основные допущения и принципы расчёта; изображение циклов в рабочей и тепловой диаграммах.
- 5) Анализ различных групп высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок

2. Комплект заданий для контрольной работы

Вариант I

1. Ртутный вакуумметр, присоединенный к конденсатору, показывает разрежение 303 мм рт.ст. при температуре 0°C. Атмосферное давление по ртутному барометру 552 мм рт.ст. при той же температуре. Определить абсолютное давление в конденсаторе. Давление выразить в барах.
2. Определить часовой расход топлива, необходимого для работы паровой турбины мощностью 350 кВт, если теплотворность топлива 23500 кДж/кг, к.п.д. установки 40%.

3. Рассчитать термодинамические характеристики топливной идеальной теплосиловой установки, работающей по квазистатическому циклу при среднетермодинамических температурах рабочего тела $T_{1m}=500$ К и $T_{2m}=240$ К, если для горячего источника $T_{gm}=2100$ К, а тепловой поток при сгорании топлива составляет $Q_T=420$ МВт.

Вариант 2.

1. Определить работоспособность (эксергию) 1 кг воздуха, находящегося под давлением 300 кН/м² и имеющего температуру 350°C . Температура и давление окружающей среды 22°C и 1 бар. Задачу решить при постоянной теплоемкости.
2. Определить абсолютное давление газа в сосуде, если показание ртутного манометра равно 520 мм рт.ст., а показание барометра 900 мм рт.ст. оба прибора находятся при температуре 0°C . Давление выразить в барах.
3. В котельной электростанции за 8 ч работы сожжено 70 т каменного угля с теплотворностью 32000 кДж/кг. Определить мощность электростанции, если к.п.д. станции 40%.

Вариант 3.

1. Рассчитать характеристики термодинамической эффективности пароводяного подогревателя с тепловой мощностью 3200 кВт, в который поступают 20 кг/сек воды при начальной температуре 35°C и нагревается до температуры 77°C , если по проектному режиму намечено использование греющего водяного пара при $p=55$ кН/м² ($D=1,35$ кг/сек, $\Delta h=2450$ кДж/кг и $\Delta s=5,80$ кДж/(кг*К)), а при нарушенном режиме оказалось $p'=270$ кН/м² ($D'=1,50$ кг/сек, $\Delta h'=2130$ кДж/кг и $\Delta s=4,70$ кДж/(кг*К)).
2. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы в политропном процессе нагреть 7 кг воздуха от 350 К при давлении 5 бар до 800 К при давлении 7 бар. Теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг*К).
3. Определить удельный объем и плотность воздуха, если его масса 75,36 кг занимает объем 55 м³.

Вариант 4.

1. 7 кг воздуха при начальной температуре 10°C изменяют свое состояние до конечной температуры 250°C . Определить изменение внутренней энергии воздуха, считая его идеальным газом.
2. Воздух в противоточном теплообменнике нагревается от температуры 30°C , а газы охлаждаются от 500°C до 180°C . Тепловые потери теплообменника составляют 25% от теплоты, отдаваемой газом. Определить потерю работоспособности на 1 кг проходящего газа вследствие необратимого теплообмена. Газ и воздух считать идеальными газами, обладающими свойствами воздуха. Теплоемкость воздуха и газов считать величинами постоянными. Температура окружающей среды равна 22°C .
3. В баллоне объемом 0,32 м³ содержится воздух при абсолютном давлении $5 \cdot 10^6$ н/м² и температуре 75°C . Определить конечное давление и количество теплоты при повышении температуры воздуха до 200°C .

**Тема 6. Паровые двигатели. Двигатели внутреннего сгорания.
Холодильные установки**

1. Вопросы для собеседования

- 1) Рабочее тело в паровых двигателях.

- 2) Работа теплового поршневого двигателя.
- 3) Цикл парового двигателя.
- 4) Рабочее тело в ДВС.
- 5) Карбюраторные ДВС.
- 6) Дизельные ДВС.
- 7) Принцип работы поршневого ДВС.
- 8) Двигатели с внутренним смесеобразованием.
- 9) Цикл ДВС.
- 10) Рабочее тело в холодильных установках.
- 11) Холодильные циклы.

2. Перечень дискуссионных тем для круглого стола

- 1) Определение часового расхода топлива, необходимого для работы паровой турбины.

3. Комплект заданий для контрольной работы

Вариант 1

1. Топливо. Рабочая, сухая и горючая массы топлива.
2. Классификация двигателей внутреннего сгорания.
3. Водоподготовительные устройства котельных установок.
4. Прямоточные котлы.
5. Устройство котельной установки.
6. Цикл Сабатэ.

Вариант 2

1. Объем воздуха, необходимый для сжигания топлива.
2. Классификация котлов.
3. Золо- и шлакоудаление в котельных установках.
4. Барабанные котлы.
5. Одноступенчатая паровая турбина.
6. Цикл Дизеля.

Вариант 3

1. Коэффициент избытка воздуха. Масса и объем дымовых газов.
2. Использование отбросного тепла на нефтехимических комбинатах.
3. Тягодутьевые устройства котельных установок.
4. Комбинированные котлы.
5. Четырехтактный карбюраторный двигатель внутреннего сгорания.
6. Цикл Отто.

Вариант 4

1. Тепловой баланс котельной установки.
2. Основные способы сжигания топлива.
3. Паровые двигатели.
4. Дымогарные котлы.
5. Двухтактный карбюраторный двигатель внутреннего сгорания.
6. Цикл Ренкина.

Вариант 5

1. Тепловое напряжение топочного пространства. Площадь зеркала горения.
2. Классификация котельных установок.
3. Двигатели внутреннего сгорания.

4. Жаротрубные котлы.
5. Двигатели с внутренним смесеобразованием.
6. Цикл Карно.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
Код и наименование проверяемой компетенции ПК-3 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках				
1.	Задание закрытого типа	Наука, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств, называется а) физическая термодинамика б) химическая термодинамика в) техническая термодинамика г) теплотехника	г	1
2.		«Обратимые процессы взаимопреобразования тепла в работу в изолированной системе без компенсации неосуществимы» - это условие а) внешнего равновесия б) внутреннего равновесия в) некомпенсированных процессов г) квазистатических процессов	б	1
3.		Часть энергоресурса установки, способная к преобразованию в полезную работу и в другие виды энергоресурсов при обратимом протекании процесса и взаимодействии установки с окружающей средой, называется а) коэффициент полезного действия б) тепломеханический коэффициент в) эксергия г) анергия	в	1
4.		Приращение внешней кинетической энергии газа при его перемещении называется а) располагаемой работой	а	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		б) количество теплоты в элементарном процессе в) энтропией г) энтальпией		
5.		Предельная эффективность действия тепломеханической установки определяется а) минимальной полезной работой и минимальным значением тепломеханического коэффициента б) минимальной полезной работой и максимальным значением тепломеханического коэффициента в) максимальной полезной работой и минимальным значением тепломеханического коэффициента г) максимальной полезной работой и максимальным значением тепломеханического коэффициента	г	1
6.	Задание открытого типа	Опишите работу теплового поршневого двигателя	В упрощенном виде работу теплового поршневого двигателя можно представить следующим образом. От какого-либо источника тепла с температурой выше температуры окружающей среды к рабочему телу подводится тепло. При этом рабочее тело расширяется, давит на поршень и, преодолевая приложенную к поршню силу, совершает работу. С приходом поршня в крайнее положение расширение рабочего тела заканчивается. Чтобы двигатель работал, необходимо поршень привести в	4-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			первоначальное положение, а рабочее тело в первоначальное состояние. При этом часть работы будет затрачена на сжатие рабочего тела. Разность работ расширения и сжатия определяет величину полезной работы двигателя, которая может быть использована для приведения в действие машин.	
7.		Где происходит преобразование энергии в ДВС?	В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) преобразование тепловой энергии в механическую осуществляется в рабочей камере, находящейся внутри самого двигателя. Рабочим телом в ДВС служат газы, получаемые при сгорании жидкого или газообразного топлива.	2-3
8.		Приведите характеристику карбюраторных и дизельных ДВС.	Рабочая смесь топлива с воздухом может быть приготовлена до подачи в камеру сгорания или в самой камере сгорания. Первый способ приготовления рабочей смеси называется внешним и осуществляется в специальном устройстве — карбюраторе, а двигатели такого типа называются карбюраторными. Такие двигатели работают на легком топливе (бензине,	4-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			спирте, газе и др.) При втором способе горючая смесь образуется в камере сгорания и такое смесеобразование называется внутренним. Двигатели с внутренним смесеобразованием называются дизельными. Они работают на тяжелых топливах – керосине, газойле, нефти и др.	
9.		Как получают холод в холодильных установках?	Для охлаждения потоков до более низких температур, чем это возможно в водяных и воздушных холодильниках, применяют специальные способы получения холода. В этом случае используют различные холодильные циклы, в которых в качестве рабочего агента (хладоагента) служат различные вещества (сернистый ангидрид, аммиак, пропан, хлористый метил, фреоны и др.), которые легко переводятся в сжиженное состояние при обычных или несколько пониженных температурах. Одним из способов получения низких температур является использование эффекта охлаждения жидкости при дросселировании с понижением давления и поглощением тепла при испарении. В	4-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			зависимости от способа создания давления в системе различают компрессионные, абсорбционные и парозжекторные холодильные установки.	
10.		Что такое топливо? Как его классифицируют?	Топливом называют горючие вещества, которые при сгорании выделяют достаточное количество тепла для использования его в энергетических, промышленных и отопительных установках. По агрегатному состоянию различают твердое, жидкое и газообразное топливо, а по способу получения – естественное (природное) и искусственное. Естественное топливо получают в том виде, в каком оно образовалось в природе: нефть, природный газ, ископаемые угли, дрова, торф, горючие сланцы. Искусственное топливо является продуктом переработки природных топлив. Топливо, сжигаемое на электрических станциях, называется энергетическим. Топливо, используемое на других установках, называется технологическим.	4-5

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Текущий и внутрисеместровый контроль, промежуточная аттестация учебных достижений студентов проводится путем балльно-рейтинговой системы. Общая оценка учебных достижений студента в семестре по учебному курсу определяется как сумма баллов, полученных студентом по различным формам текущего и промежуточного контроля в течение данного семестра. Успешность изучения дисциплины в течение семестра оценивается, исходя из 100 максимально возможных баллов (90 баллов на текущие формы контроля и до 10 баллов отводится на бонусы), которые накапливаются студентом в течение всего семестра изучения дисциплины.

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	Ответ на занятии	6 / 5	30	по расписанию
2.	Выполнение практического задания	2 / 5	10	по расписанию
3.	Участие в круглом столе	1 / 5	5	по расписанию
4.	Контрольная работа	3 / 15	45	по расписанию
Всего			90	-
Блок бонусов				
5.	Посещение занятий	13 / 0,46	6	по расписанию
6.	Своевременное выполнение всех заданий	8 / 0,5	4	по расписанию
Всего			10	-
ИТОГО			100	-

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
Опоздание на занятие	-0,5
Нарушение учебной дисциплины	-0,5
Неготовность к занятию	-1
Пропуск занятия без уважительной причины	-1

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69		
60–64	3 (удовлетворительно)	
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Основная литература

1. Кудинов В.А., Теплотехника [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М. : Абрис, 2012 - 423 с. – ISBN 978-5-4372-0044-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200445.html>
2. Мирам А.О., Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Электронный ресурс] / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017 - 352 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html>
3. Стромберг, А.Г. Физическая химия. - М.: ВШ. 2007. - 527 с.
4. Теплотехника : доп. М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. для студ. техн. спец. вузов / под ред. В.Н. Луканина. - 6 изд. ; стер. - М. : Высш. школа, 2008. - 671 с. : ил.

8.2. Дополнительная литература

1. Рудобашта С.П., Теплотехника [Электронный ресурс] / Рудобашта С. П. - М. : КолосС, 2010 - 599 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206587.html>
2. Русанов, А.И. Термодинамические основы механохимии / А.И. Русанов. – СПб.: Наука, 2006. – 221 с.: 19 ил.

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://asu.edu.ru>
2. <https://biblio.asu.edu.ru> (Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех»)
3. <http://www.studentlibrary.ru> (Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru)

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя аудиторию для проведения лабораторных работ. Проведение занятий сопряжено с применением компьютеров для выполнения поисковой работы, вычислений и работе в информационных системах.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).