

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

02.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.1.17 Техническая термодинамика

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки (специальность) 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника Бакалавр
(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность Холодильная техника и технологии

Курс 2, 3
Семестр 3, 4, 5

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	252 / 7	часов/зачетных единиц
Лекции	10	часов
Лабораторные работы	6	часов
Практические занятия	14	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	30	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	5	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	186	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	5	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	4	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	ЭП	СОГЛАСОВАНО	П.Н. Анисимов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра "Энергообеспечение предприятий"

		(наименование кафедры)	
29.12.2021	протокол №	4	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Зверев Сергей Владимирович, главный инженер АО "Йошкар-Олинский
мясокомбинат"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 07.02.2022 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин применительно к низкотемпературной технике	знания: Знает фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин применительно к низкотемпературной технике умения: навыки:
	ОПК-1.2 Уметь пользоваться теоретическими и практическими знаниями фундаментальных законов природы и основных законов естественнонаучных дисциплин применительно к низкотемпературной технике	знания: умения: Умеет пользоваться теоретическими и практическими знаниями фундаментальных законов природы и основных законов естественнонаучных дисциплин применительно к низкотемпературной технике навыки:
	ОПК-1.3 Владеть физико-математическим аппаратом основных законов естественнонаучных дисциплин для решения задач низкотемпературной техники	знания: умения: навыки: Владеет физико-математическим аппаратом основных законов естественнонаучных дисциплин для решения задач низкотемпературной техники
2. ОПК-4 Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знать современные экспериментальными методами исследования для решения профессиональных задач в области низкотемпературной техники	знания: Знает современные экспериментальные методы исследования для решения профессиональных задач в области низкотемпературной техники умения: навыки:
	ОПК-4.2 Уметь составлять практические рекомендации по использованию полученных экспериментальных результатов для повышения	знания: умения: Умеет составлять практические рекомендации по использованию полученных экспериментальных результатов для повышения эффективности низкотемпературного оборудования навыки:

	эффективности низкотемпературного оборудования	
	ОПК-4.3 Владеть методикой проведения экспериментальных исследований процессов низкотемпературной техники	знания: умения: навыки: Владеет методикой проведения экспериментальных исследований процессов низкотемпературной техники

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Химия (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Материаловедение, технология конструкционных материалов (ОПК-1), Основы теории тепломассообмена (ОПК-1), Механика жидкости и газа (ОПК-1), Основы теории тепломассообмена (ОПК-4); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1), Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-4)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: case-study, задания, информационные, классическая лекция, лекция с элементами мозгового штурма

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Термодинамические процессы. Идеальные газы. Первый и второй закон термодинамики. Термодинамические циклы.	72	ОПК-1, ОПК-4
Лекция. Введение в техническую термодинамику. Параметры состояния, уравнение состояния, чистое вещество, термодинамическая поверхность, диаграмма состояния, термодинамический процесс. Законы идеальных газов. Уравнение состояния идеального газа. Смеси газов. Параметры смесей, газовая постоянная смеси газов, объемные и массовые доли компонентов, теплоемкость.	2	
Лекция. Реальные газы. Уравнения состояния реальных газов. Фазовые переходы, диаграммы состояния чистых веществ. Диаграммы состояния смесей и растворов веществ. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Таблицы и диаграммы параметров состояния. Влажный воздух,	2	

параметры влажного воздуха. Н-d диаграмма Рамзина-Молье. Точка росы.		
Лекция. Теплота. Опыт Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы. Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и внешняя работа. Уравнение первого закона термодинамики. Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Энтропия.	2	
Практическое занятие. Определение основных параметров состояния: абсолютная температура, абсолютное давление, удельный объем. Расчет термодинамических процессов идеальных газов с применением законов идеальных газов.	2	
Практическое занятие. Применение первого и второго законов термодинамики при анализе термодинамических процессов и циклов.	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Конспекты и расчетные задания по темам: параметры состояния, чистое вещество, законы идеальных газов, основные термодинамические процессы идеальных газов, смеси идеальных газов, теплоемкость. Эквивалентность теплоты и работы, закон сохранения и превращения энергии, внутренняя энергия и внешняя работа, уравнение первого закона термодинамики, энтальпия, уравнение первого закона термодинамики для потока. Второй закон термодинамики. Цикл Карно.	62	
Иная контактная работа: консультации	0	

4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы. Основные термодинамические процессы. Дросселирование. Сжатие. Вода и водяной пар. Влажный воздух.	72	ОПК-1, ОПК-4
Лекция. Процессы дросселирования потоков жидкостей и газов. Кривая инверсии. Сжатие газов. Обратимые и необратимые процессы.	2	
Лекция. Методы анализа прямых и обратных циклов, определение эффективности циклов тепловых двигателей, холодильных машин, тепловых насосов. Термический КПД, холодильный коэффициент, коэффициент использования, метод эксергетического анализа.	2	
Практическое занятие. Расчет параметров вещества в различных процессах. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропные процессы. Дросселирование. Процессы смешения. Процессы сжатия в компрессоре.	2	
Практическое занятие. Прямые и обратные циклы. Определение работы сжатия и работы расширения, подводимой и отводимой теплоты, холодопроизводительности, коэффициента использования.	2	
Лабораторная работа. Определение параметров воды и водяного пара с использованием таблиц, диаграмм и	2	

специальных расчетных программ.		
Лабораторная работа. Определение параметров влажного воздуха с использованием средств измерения влажности, а также H-d диаграммы Рамзина-Молье.	2	
Лабораторная работа. Определение параметров состояния различных веществ, используемых в холодильной технике.	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Конспекты и расчетные задания по темам: Общие условия равновесия термодинамической системы. Равновесие фаз. Фазовые переходы. Двухфазные системы. Свойства вещества в критической точке. Определение термодинамических параметров воды и водяного пара. Свойства воды и водяного пара. Процессы изменения его состояния. Расчет процессов нагрева и охлаждения влажного воздуха.		
Оформление отчетов по лабораторным работам.	58	
Иная контактная работа: дифференцированный зачет (БРК), консультации	0	

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Циклы тепловых двигателей и холодильных установок	42	ОПК-1, ОПК-4
Практическое занятие. Расчет процессов изотермического, адиабатного и политропного сжатия газов в компрессоре. Повышение эффективности сжатия. Многоступенчатое сжатие.	2	
Практическое занятие. Расчет циклов тепловых двигателей внутреннего сгорания.	2	
Практическое занятие. Расчет циклов Ренкина и Брайтона. Цикл Ренкина на органическом рабочем теле (ORC).	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы Конспекты и расчетные задания по темам: Обратные тепловые циклы и процессы. Методы энергетического и эксергетического анализа эффективности циклов тепловых энергоустановок. Цикл Ренкина. Анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Бинарные циклы. Циклы газотурбинных и парогазовых установок. Тригенерация (ССНР) - процесс совместной выработки электричества, тепла и холода.		
Выполнение курсовой работы на тему "Расчет термодинамического цикла установки".	36 30	
Иная контактная работа: защита курсового проекта/работы, консультации	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с **планом практического (лабораторного)** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение **курсовой работы, выполнение расчетных заданий, подготовка отчетов по лабораторным работам.** Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является **балльно-рейтинговый контроль**.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика [Текст] : [учеб. для студентов вузов по направлению подгот. 140100 "Теплоэнергетика"] / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. 5-е изд., перераб. и доп. М.: МЭИ, 2008. - 495 с. ISBN 978-5-383-00263-6. Экземпляры: всего 27.	27
2.	Сборник задач по технической термодинамике [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов по направлениям "Теплоэнергетика" и "Техн. физика" / Т. Н. Андрианова, Б. В. Дампов, В. Н. Зубарев и др. М.: Изд-во МЭИ, 2000. - 351 с. ISBN 5-7046-0634-2. Экземпляры: всего 20.	20
3.	Хлебников, Валерий Алексеевич. Техническая термодинамика [Текст] : лаб. практикум / В. А. Хлебников, А. В. Маряшев. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. - 114 с. Экземпляры: всего 42.	42
4.	Петров, А. И. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Петров А. И. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург:	https://e.lanbook.com/book/310178

	Лань, 2023. - 428 с. ISBN 978-5-507-46444-9.	
5.	Александров, Алексей Александрович. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара [Текст] : справочник : рек. Гос. службой стандарт. справ. данных ГСССД Р-776-98 / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. М.: Изд-во МЭИ, 2003. - 158 с. ISBN 5-7046-0397-1. Экземпляры: всего 32.	32
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru
3.	Издательство Springer (SpringerOpen)	https://www.springeropen.com
4.	Издательство Elsevier	https://www.sciencedirect.com/
5.	Издательство SpringerNature	https://www.nature.com/

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	125 (I)	Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	255 (I)	Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX93 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio

			Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
3.	121 (I)	<p>Ампервольтметр Ф-30 (1), Аппарат для резки Мультиплаз- 3500 (1), Газоанализатор АНКАТ 7664 (1), Заправочное устройство КФПТ 1-10 (1), Комплект кодотранспор.по курсу те (1), Комплект пирометриста Шанс-01 (1), Комплект расходомерриста Лебедь КР-01 (1), Комплект расходомерриста Лебедь КР-02 (1), Компл-т кодотанспор.по тех термод (1), Компьютер RAMEC GALE Custom i3-3200/4ГБ/ монитор LCD 21.5", клавиат.,мышь (15), МФУ Canon MF -4410 (1), Ноутбук Easynote TE 11 НС (1), ПК(сист.бл,клав,мышь опт,ковр,монит22" View Sonic TFT VA2216W-4 (3), Плата аналого-цифрового преобразования USB-6008 12 -bit (3), Прибор расходомер ультразвуковой "Взлет ПР" с толщиномером"Взлет УТ" (1), Принтер HP LaserJet Pro 400 M401a (1), Принтер Samsung ML-1615 (1), Принтер цветной Canon I-Sensys LBP7100Cn (1), Проектор Acer P1220 DLP 3 D 2700 LUMENS XGA 3000 (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX93 (1), Сварочный аппарат Brima Mars 205 (1), Сварочный аппарат Telwin Digital Modular 230 (1), Сварочный аппарат ТОРУС 255 (1), Стенд рекламно-информационный 100x100 (3), Термометр электронный ТЭН-5 (2), УСТАНОВКА ИЗ ТЕПЛОПР (1), УСТАНОВКА ИЗУЧ.ТЕПЛ. (1), УСТАНОВКА ТП-003 (1), УСТАНОВКА ТП-005 (1), УСТАНОВКА ТП-011 (1), Установка ФПТ 1-3 (1), Установка ФНТ 1-1 (1), Установка ФПТ 1-10 (1), Установка ФПТ 1-8 (1), Установка ФПТ-12 (1), Циркуляционный термостат ЛАБ-ТЖ-ТС 01/26-100 (1), Комплект учебной мебели (1)</p>	<p>Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач</p>

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе

1. Чему равна внутренняя энергия идеального газа u_2 в конце изохорного процесса 1-2, если начальное давление $p_1 = 1$ бар, $u_1 = 1000$ кДж/кг, конечное давление $p_2 = 4$ бар и в изохорном

процессе 1-2 подводится теплота $q=500$ кДж/кг?

- а) $u_2=1500$
- б) $u_2=1000$
- в) $u_2=4000$
- г) мало данных

2. Смесь N_2 , O_2 и CO_2 находится при нормальных условиях. Чему равно парциальное давление N_2 , если $p_{O_2} = 0,5$ бар, $p_{CO_2} = 0,32$ бар ?

- а) $p_{N_2} = 0,18$
- б) $p_{N_2} =$ 0,193
- в) $p_{N_2} = 0,161$
- с) $p_{N_2} = 0,213$

3. Если q_1 - подводимая теплота, а q_2 - отводимая теплота, то каким выражением определяется термический КПД цикла теплового двигателя?

- а) $1-q_2/q_1$
- б) $q_2/(q_1 - q_2)$
- в) q_2/q_1
- с) $(q_2 - q_1)/q_2$

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Вопросы на зачет (БРК)

1. Термодинамика и её метод. Какова область изучения технической термодинамики?
2. Что такое параметры состояния вещества? Назовите три основных параметра состояния вещества.
3. Что такое абсолютная температура (термодинамическая температура) и в каких единицах она измеряется?
4. Что такое давление и в каких единицах оно измеряется? Что такое абсолютное давление? Что такое барометрическое давление? Что такое избыточное давление и чем оно отличается от абсолютного?
5. Что такое удельный объём и в каких единицах он измеряется и чем отличается от объёма? Что такое плотность вещества? Что такое удельный вес?
6. Что называют уравнением состояния? Что называют термодинамической

поверхностью? Что такое диаграмма состояния вещества?

7. Что такое термодинамическая система, что называют термодинамическим процессом. Приведите примеры термодинамических систем и термодинамических процессов.
8. В чём отличие равновесных процессов от неравновесных. Приведите примеры равновесных и неравновесных процессов.
9. Какой процесс называют изотермическим? Какой процесс называют изохорным? Какой процесс называют изобарным? Какой процесс называют изоэнтальпийным? Какой процесс называют адиабатным? Приведите примеры данных процессов.
10. Что называют идеальным газом? Приведите закон Бойля-Мариотта для идеального газа.
11. Приведите закон Гей-Люссака для идеального газа. Что такое температурный коэффициент объёмного расширения газа и как он связан с абсолютной температурой?
12. Что такое газовая постоянная? Приведите уравнение Клапейрона.
13. Что называют идеальным газом? Приведите примеры идеальных газов? При каких условиях свойства реальных газов близки к свойствам идеальных газов? Приведите уравнение состояния идеального газа.
14. Приведите закон Авогадро? Что называют числом Авогадро и каково его значение?
15. Что называют универсальной газовой постоянной? Каково значение и единицы измерения универсальной газовой постоянной? Как определить газовую постоянную конкретного газа, используя универсальную газовую постоянную и относительной молекулярной массы газа, приведите пример.
16. Что называют чистыми веществами и смесями? Приведите пример смеси газов. Как определяется состав смеси? Что такое массовая, объёмная и мольная доли компонента?
17. Приведите закон Дальтона для смеси газов. Что такое парциальное давление идеального газа в смеси? В чём значение закона Дальтона? Применим ли он к реальным газам?
18. Как определить газовую постоянную смеси газов? Как определить парциальное давление компонента, используя значение объёмной и мольной доли компонента?
19. Что называют теплоёмкостью? Чем отличается средняя и истинная теплоёмкости? Что такое массовая, мольная и объёмная теплоёмкости? Чем отличается изобарная теплоёмкость от изохорной?
20. Что называют теплотой? Что называют работой? Какой вид работы всегда сопровождается изменением объёма тела? Приведите единицы измерения теплоты и работы? Что такое механический эквивалент теплоты?
21. Объясните единицы измерения 1 килограмм-сила, 1 килограмм-сила умноженная

на метр, 1 Джоуль. Как эти единицы измерения связаны между собой?

22. Опишите закон сохранения и превращения энергии? Запишите формулу, по которой можно выразить количество работы расширения через давление, удельный объем и работу внешних сил. Запишите формулу и в дифференциальном и в интегральном виде.
23. Запишите уравнение первого закона термодинамики и объясните его. В каком случае в этом уравнении теплота и работа считаются положительными, а в каком случае отрицательными?
24. Что такое внутренняя энергия тела, идеального газа. Что такое удельная внутренняя энергия? Объясните закон Джоуля. От каких параметров зависит внутренняя энергия вещества? Как можно определить изменение внутренней энергии по первому закону термодинамики?
25. Что называют энтальпией? Каковы единицы измерения энтальпии? Что называют удельной энтальпией и каковы единицы её измерения?
26. Запишите уравнение первого закона термодинамики для потока и объясните его.
27. Запишите уравнение первого закона термодинамики для потока газа (жидкости) в сужающемся канале и объясните его. Сделайте поясняющий рисунок.
28. Что называют термодинамическим циклом? Приведите примеры циклов. Как в общем случае определяется работа расширения в цикле и работа сжатия в цикле? От чего будет зависеть величина суммарной работы цикла?
29. Что называют термическим коэффициентом полезного действия (КПД) цикла? Приведите формулы термического КПД цикла для 1 кг рабочего тела. Объясните значение КПД, что он показывает?
30. В чём отличие прямого и обратного циклов? Приведите иллюстрацию условного прямого и обратного циклов в p - v -координатах? В каком случае работа сжатия будет больше работы расширения?
31. В чём отличие обратим процессов от необратимых? Дайте определения. Приведите примеры обратимых и необратимых процессов.
32. Сформулируйте второй закон термодинамики.
33. Приведите цикл Карно в p - v -координатах. Объясните из каких процессов состоит цикл Карно. Изобразите обратный цикл Карно в p - v -координатах и объясните из каких процессов он состоит. Запишите выражение для термического КПД цикла Карно, используя абсолютные (термодинамические) температуры.
34. Приведите формулы термического КПД обратимого и необратимого циклов Карно, используя абсолютные (термодинамические) температуры. Сравните термический КПД обратимого и необратимого циклов Карно.
35. Сформулируйте теорему Карно. В чём практическое значение теоремы Карно?
36. Что такое энтропия, каков её физический смысл? Чему равно значение

энтропии? Каковы единицы измерения энтропии? Как определить разность энтропий в конце и начале какого-либо процесса?

37. Изобразите цикл Карно в Ts -диаграмме. Что называют адиабатным процессом. Что называют изоэнтропным процессом. Почему обратимые адиабатные процессы называют также изоэнтропными?
38. Почему изменение энтропии в необратимых процессах больше, чем в обратимых? Приведите аналитическое выражение второго закона термодинамики.
39. Запишите объединенные уравнения первого и второго законов термодинамики.
40. От чего зависит максимальная полезная работа изолированной системы? Приведите выражение для максимальной полезной работы изолированной системы и объясните её.
41. Что называют эксергией и как её определить? Что называют эксергией теплоты?
42. Что называют потерей работоспособности системы? Каким образом в анализе эффективности работы тепловых установок применяется уравнение Гюи—Стодоль?
43. Что называют фазовым переходом? Что такое точка кипения, точка плавления и точка сублимации? Опишите правило фаз Гиббса.
44. Что называют кривой фазового перехода или пограничной кривой? Что называют тройной точкой и критической точкой? Каковы давление и температура тройной и критической точек воды?
45. Что называют линией насыщения на фазовой диаграмме? Какой пар называют насыщенным? Какой пар называют перегретым?
46. Приведите уравнение Ван-дер-Ваальса и объясните его.
47. Какую смесь называют двухфазной? Что называют влажным паром? Какой пар называют сухим насыщенным? Что называют степенью сухости двухфазной смеси? Что называют степенью влажности двухфазной смеси?
48. Что называют термодинамическими диаграммами состояния вещества? Приведите примеры, изобразите пограничные кривые на диаграмме.
49. Чему равна работа расширения системы в изохорном процессе? Как определить количество теплоты, сообщаемое системе при изохорном нагреве?
50. Приведите формулы для определения количества работы расширения системы в изобарном процессе и количества теплоты, сообщаемого системе при изобарном нагреве?
51. Приведите формулы для определения работы расширения системы в изотермическом процессе и количества теплоты, сообщаемого системе при изотермическом процессе?
52. При каких условиях адиабатный процесс будет являться также изоэнтропным. Всякий ли изоэнтропный процесс является в то же время адиабатным? Что такое показатель изоэнтропы?

53. Приведите уравнение адиабаты Пуассона. Чему равен показатель изэнтропы для идеального одноатомного газа, двухатомного газа, трех- и многоатомного газа? Чему равен показатель изэнтропы воздуха?
54. Приведите формулы для определения работы расширения системы в изэнтропном процессе. Чему равно количество теплоты, сообщаемого системе в изэнтропном процессе? Чему равна теплоемкость изэнтропного процесса?
55. Какой процесс называют политропным? Что называют показателем политропы? Чему равен показатель политропы для изотермического и адиабатного процессов? Приведите уравнение политропного процесса. Изобразите на p - v -диаграмме изэнтропный, изотермический, изохорный и адиабатный процессы.
56. Приведите формулы для определения работы расширения системы в политропном процессе и количества теплоты, сообщаемого системе в политропном процессе?
57. Что называют дросселированием? Что называют мятием пара? Как изменяется температура при дросселировании идеального и реального газов? Что называют эффектом Джоуля-Томсона при адиабатном дросселировании.
58. Как определить энтальпию и температуру смеси, полученной в результате смешения в потоке, если известны параметры исходных потоков? Приведите примеры устройств, в которых происходит смешение в потоке?
59. Что такое индикаторная диаграмма компрессора? Как определить техническую работу компрессора? По какой формуле можно определить количество теплоты, отводимой от 1 кг идеального газа в процессе его сжатия?
60. Что называют скоростью звука? Чему равна скорость звука в воздухе, водяном паре, воде, стали? Как зависит скорость звука от сжимаемости среды?
61. Что называют соплами? Что называют конфуззором и диффузором? Изобразите сопло Лаваля и расскажите о его применении.
62. Чем отличается термический КПД термодинамического цикла и внутреннего КПД термодинамического цикла? Что называют внутренним относительным КПД цикла? Что называют эффективным КПД теплосиловой установки?
63. Опишите метод анализа эффективности тепловых установок с использованием коэффициентов полезного действия.
64. Что называют внутренним относительным КПД теплового двигателя? Что называют внутренним относительным КПД аппарата, сжимающего рабочее тело (компрессора)?
65. Опишите эксергетический метод анализа эффективности тепловых установок. Чему равна эксергия потока единицы массы?
66. Что называют влажным воздухом? Каково назначение h - d -диаграммы влажного воздуха?
67. Приведите формулы для определения: влагосодержания влажного воздуха,

относительной влажности, абсолютной влажности?

- 68. Что называют температурой точки росы? От чего зависит предельное влагосодержание воздуха? Как определить энтальпию влажного воздуха?
- 69. Что называют парциальным давлением водяного пара во влажном воздухе. Как можно определить парциальное давление водяного пара во влажном воздухе.
- 70. Каким образом можно измерить влажность воздуха? Расскажите об устройстве и принципе действия приборов для измерения влажности воздуха.

Вопросы на экзамен

- 71. Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме.
- 72. Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном давлении.
- 73. Цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты.
- 74. Сравнение циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания.
- 75. Цикл газотурбинной установки со сгоранием топлива при постоянном давлении.
- 76. Цикл газотурбинной установки со сгоранием топлива при постоянном давлении и регенерацией теплоты.
- 77. Принципиальные схемы и циклы ГТУ.
- 78. Сравнительный анализ ДВС и ГТУ.
- 79. Способы повышения термического КПД Газотурбинной установки.
- 80. Водяной пар. Фазовая P_t -диаграмма воды. Тройная точка.
- 81. h_s -диаграмма и таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.
- 82. Истечение газов с учетом трения. Истечение водяного пара.
- 83. Идеализированный цикл Ренкина паротурбинной установки с перегревом пара, схема паросиловой установки.
- 84. Идеализированный цикл Ренкина паротурбинной установки с повторным перегревом пара и регенерацией теплоты.
- 85. Действительный цикл Ренкина с учетом необратимости процессов.
- 86. Влияние параметров пара на термический КПД цикла Ренкина. Способы повышения КПД цикла Ренкина.
- 87. Бинарные теплосиловые циклы.
- 88. Схема и цикл парогазовой установки.
- 89. Сравнительный анализ ГТУ и ПСУ.
- 90. Термодинамические основы тригенерации.
- 91. Цикл Ренкина на органическом рабочем теле.

