

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПТ
 А.Н. Чадин
«15» 09 2014 г.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

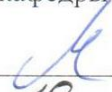
Учебный модуль по направлению подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО
Начальник УМУ

 Е.И. Грошев
«15» 09 2014 г.

Профессор
кафедры ПРЭН

 В.А. Майоров
«10» 09 2014 г.

Принято на заседании кафедры
Протокол № 1 от 10.09 2014 г.

Заведующий кафедрой

 И.В. Швецов
«10» 09 2014 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Цель учебного модуля - формирование компетенций студентов в направлении успешной деятельности в области расчета, проектирования и эксплуатации теплотехнического и теплоэнергетического оборудования.

Задачи учебного модуля – формирование системы знаний об общих законах преобразования теплоты в работу, свойствах используемых веществ и термодинамических процессах, определяющих принципы действия тепловых двигателей, приобретения навыков использования основных уравнений и диаграмм для расчета происходящих в них процессов, выработка умения анализа и экспериментального исследования эффективности различных видов тепловых двигателей.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Учебный модуль "Техническая термодинамика" относится к базовой части профессионального цикла.

Для изучения данного УМ студент должен знать теоретические сведения в объеме курсов математики, физики и теоретической механики.

В свою очередь он является основой для овладения студентами модулей «Тепломассообмен», «Нагнетатели и тепловые двигатели», «Тепловые и атомные электростанции» «Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии», «Трансформация теплоты и теория горения», «Источники и системы теплоснабжения», «Тепломассообменное оборудование предприятий», «Теплогенерирующие установки и системы теплоснабжения».

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-2 Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- ПК-3 Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ПК-6 Способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-2	Базовый уровень	- формулировки основных законов естественных наук, применяемых в технической термодинамике, типовые методы математического анализа, физического и математического	- применять основные законы естественных дисциплин в технической термодинамике	- типовыми методами математического анализа, физического и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования в технической термодинамике

		моделирования		
ПК-3	Базовый уровень	- первый и второй законы термодинамики; - свойства идеальных и реальных газов, паров, влажного воздуха; - циклы двигателей внутреннего сгорания и компрессоров; - схемы и циклы паротурбинных и холодильных установок;	- выполнить расчеты термодинамических циклов двигателей и теплоустановок; - использовать термодинамические законы для анализа тепловых процессов теплоэнергоустановок - пользоваться таблицами термодинамических свойств веществ, термодинамическими диаграммами h-s- для водяного пара, h-d для влажного воздуха;	- навыками выполнения термодинамических расчетов с помощью диаграмм и таблиц и оценки существующих и разработки усовершенствованных систем преобразования теплоты в другие виды энергии
ПК-6	Базовый уровень	- типовые отечественные и зарубежные научно-технические источники информации по теплоэнергетике	- анализировать типовую отечественную и зарубежную научно-техническую информацию в сфере теплоэнергетики	- навыками анализа типового отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоэнергетики

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов:

- УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы
- УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей

Дневная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		4	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	216	
1) УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы	45	45	
- лекции	18	18	ПК-2, ПК-3,

- практические занятия (семинары)	27	27	ПК-6
- лабораторные работы	-	-	
- аудиторная СРС	9	9	
- внеаудиторная СРС	45	45	
2) УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей	45	45	
- лекции	18	18	ПК-2, ПК-3, ПК-6
- практические занятия (семинары)	27	27	
- лабораторные работы	-	-	
- аудиторная СРС	9	9	
- внеаудиторная СРС	45	45	
Аттестация:			
- зачеты*	-	-	
- экзамены	36	36	

*) зачеты принимаются в часы аудиторной СРС.

Заочная ускоренная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		3	
Трудовоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	216	
1) УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы	6	6	
- лекции	2	2	ПК-2, ПК-3, ПК-6
- практические занятия (семинары)	2	2	
- лабораторные работы	2	2	
- аудиторная СРС	-	-	
- внеаудиторная СРС	102	102	
2) УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей	6	6	
- лекции	2	2	ПК-2, ПК-3, ПК-6
- практические занятия (семинары)	2	2	
- лабораторные работы	2	2	
- аудиторная СРС	-	-	
- внеаудиторная СРС	102	102	
Аттестация:			
- зачеты*	-	-	
- экзамены	9	9	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы

1.1 Основные понятия и определения термодинамики. Введение. Предмет дисциплины. Связь курса с общенаучными, общеинженерными и специальными

дисциплинами.. Структура дисциплины и основные этапы её изучения. Первый закон термодинамики. Параметры состояния. Уравнение состояния. Теплота, работа - функции процесса. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния рабочего тела. Различные аналитические выражения первого закона термодинамики.

1.2 Термодинамика идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Истинная и средняя теплоемкость. Закон Майера. Основные процессы и их анализ. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Теплоемкость газовых смесей. Анализ процессов идеального газа. Второй закон термодинамики. Прямые и обратные циклы. Термический КПД, коэффициент трансформации теплоты, холодильный коэффициент. Цикл Карно. Влияние необратимости на процесс преобразования теплоты в работу. Второй закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Эксергия как мера работоспособности. Эксергия теплоты. Энтропия и вероятность. Изменение энтропии идеального газа. T-s диаграмма идеального газа и её свойства. Характеристические функции и дифференциальные соотношения термодинамики. Характеристические функции: внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия.

1.3 Реальные газы и водяной пар. Термодинамические свойства реальных газов. Фазовая P-V диаграмма. Критические параметры веществ. Коэффициент сжимаемости. Парообразование и конденсация. Степень сухости. Параметры состояния жидкости, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Фазовая p-T диаграмма для паров; h-s - диаграмма для водяного пара. Расчет изопроцессов для реальных газов по таблицам и диаграммам. Влажный воздух. Влагосодержание влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Фазовая постоянная и плотность влажного воздуха. Энтальпия h-d диаграмма. Температура мокрого термометра. Измерение влажности; психрометр.

УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей

2.1 Циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамика потока. Истечение. Первое начало термодинамики для потока газа. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Располагаемая работа. Адиабатные течения. Параметры полного адиабатного торможения потока. Сопло и диффузор. Скорость и расход газа (пара) при истечении из сужающегося сопла и сопла Лавала. Истечение с учетом необратимости. Дросселирование. Изображение процесса в h-s - диаграмме. Изменение параметров при дросселировании. Инверсия. Использование процесса дросселирования. Компрессоры и ДВС. Виды и назначения компрессоров. Работа, затрачиваемая на привод одноступенчатого поршневого компрессора. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Изотермический и адиабатный КПД компрессора. Многоступенчатое сжатие. Теоретическая индикаторная диаграмма компрессора и её изображение в координатах P-V и T-s. Отводимая теплота. Мощность привода компрессора.

Циклы Отто, Дизеля, Тринклера. Сравнение термических КПД и циклов ДВС. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Термический КПД цикла. Методы повышения термического КПД ГТУ. Регенерация теплоты в цикле ГТУ.

2.2 Циклы паротурбинных установок.

Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ). Идеальный цикл ПТУ (цикл Ренкина) в координатах P-V; T-s; h-s. Работа турбины. Термический КПД. Методы повышения термического КПД ПТУ. Действительный цикл с необратимым адиабатным расширением пара в турбине. Удельные расходы пара и топлива. Промежуточный перегрев пара. Принципиальная схема установки с промежуточным перегревом. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара в T-s; h-s координатах. Термический КПД цикла. Регенеративные циклы. Регенеративный подогрев питательной воды. Схема установки с регенеративными отборами пара. Цикл в координатах T-s. Влияние числа отборов на КПД регенеративного цикла. Тепловой и энергетический баланс ПТУ. Комбинированные циклы.

Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарная ПТУ. КПД парогазовых циклов. Коэффициент использования теплоты.

2.3 Холодильные и теплонасосные установки.

Циклы трансформаторов теплоты. Холодильный коэффициент. Коэффициент трансформации теплоты. Обратный цикл Карно. Схема и цикл воздушной установки. Термодинамические свойства рабочих тел парокомпрессионных трансформаторов теплоты. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки в координатах $h-s$; $\lg P-h$. Принцип действия теплового насоса. Основы химической термодинамики. Первый закон термодинамики в термохимии. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и его следствия. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры (закон Кирхгофа).

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.5 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, рубежный (после освоения каждого УЭМ) и семестровый (экзамен) – по окончании изучения УМ.

Рубежная аттестация на 9 неделе проводится по результатам рубежного контроля по УЭМ1. Пороговому уровню соответствует 63 балла, максимальное количество баллов – 125. Рубежная аттестация предполагает использование тестовых материалов для аудиторного контроля теоретических знаний; учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, включая баллы за выполнение контрольных работ, индивидуальных домашних заданий, систематичность работы и творческий рейтинг (участие в конференции, публикации, творческие идеи).

Рубежный контроль по УЭМ2 проходит на 18 неделе. Пороговому уровню соответствует 63 балла, максимальное количество баллов – 125.

Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене, – 50. Максимальное количество баллов по модулю – 300.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 27.09.2011 № 32 «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи, решаемые на занятиях и заданные на дом, опрос, контрольные работы, доклад, учебный тест и экзамен.

Критерии оценивания представлены в следующей таблице.

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Опрос	3 балла – 50-69% правильных ответов	4 балла – 70-89% правильных ответов	5 баллов – 90-100% правильных ответов
Разноуровневые задачи	3 балла – Не всегда адекватно подбирает формулы и (или) использует их с ошибками	4 балла – Допускает неточности в подборе формул и (или) допускает не критические ошибки в их использовании	5 баллов – Способен правильно выбрать нужную формулу и правильно ее применить
Контрольная работа	7-9 баллов – Правильно решена одна задача. Минимальное количество баллов (7) – при условии не критических ошибок в расчетах	10-12 баллов – Правильно решены две задачи. Минимальное количество баллов (10) – при условии не критических ошибок в расчетах	13-15 баллов – Все три задачи решены правильно. Минимальное количество баллов (13) – при условии не критических ошибок в расчетах
Расчетно-графическая работа	10-15 – Задание выполнено с ошибками без приложения графического материала	15-18 – Задание выполнено с ошибками с приложением графического материала	18-20 баллов – Выполнено все задание правильно
Доклад	7-10 - баллов – Формально воспроизводит материал доклада, испытывает затруднения при ответе на вопросы. Не выдерживает регламент, не участвует в обсуждении докладов	10-13 баллов – Грамотно и четко излагает свои мысли в устной форме, но испытывает затруднения при ответе на вопросы. Выдерживает регламент, активно участвует в обсуждении докладов	14-15 баллов – Владеет осмысленным пониманием материала доклада, умеет отстаивать и доказывать свою точку зрения, задает вопросы по существу. Выдерживает регламент
Учебный тест	10 баллов– 50-69 % верных ответов	15 баллов– 70-89 % верных ответов	20 баллов–90-100 % верных ответов
Экзамен	25-34 – Испытывает трудности при демонстрации знаний	35-44 – Допускает неточности при демонстрации знаний	45-50 – Демонстрирует всестороннее и глубокое знание материала модуля

Критерии оценки решения разноуровневых задач:

- обоснование применения формул и зависимостей – 3 баллов;
- правильность выполнения расчетов – 1 балл;
- верная интерпретация полученных результатов – 1 балл.

Критерии оценивания доклада:

- соответствие структуры доклада заданной теме – 5 баллов;
- логичное и четкое выступление – 5 баллов максимум;
- уверенное владение терминологией – 2 балл;
- умение задавать вопросы по существу – 2 балл;

- выдерживание регламента при защите – 1 балл.

Оценка за доклад выставляется после защиты и обсуждения.

Критерии оценки контрольной работы:

- обоснование применения формул и зависимостей – 5 баллов;
- правильность выполнения расчетов – 5 балла;
- верная интерпретация полученных результатов – 5 балла.

Критерии оценки выполнения расчетно-графической работы:

- выполнение всего объема задания - 10 баллов;
- наличие графического материала – 5 баллов;
- правильность выполнения расчетов – 5 баллов;

Критерии оценивания экзамена:

- уверенное владение терминологией – 10 баллов максимум;
- глубина знаний по теме вопроса – 10 баллов максимум;
- полнота ответа – 10 баллов максимум;
- логическая связность – 10 баллов максимум;
- аргументированность ответа – 10 балла максимум.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено **Картой учебно-методического обеспечения** (Приложение Г)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами для демонстрации комплекта электронных плакатов «Техническая термодинамика» (ауд. 4412).

Приложения (обязательные):

- А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
- Б – Технологическая карта
- В – Паспорта компетенций ПК-2, ПК-3, ПК-6
- Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А (обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Техническая термодинамика»

Учебный модуль «Техническая термодинамика» разделен на два учебных элемента модуля (УЭМ): «Рабочие тела и термодинамические процессы» и «Циклы тепловых двигателей». Каждый из УЭМ состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрены лекционные и практические занятия. Первый учебный элемент основан на изучении основных законов термодинамики, свойств участвующих в термодинамических процессах веществ и анализе закономерностей превращения теплоты в работу в этих процессах.

Второй УЭМ включает занятия по анализу схем и циклов различных типов тепловых двигателей: двигателей внутреннего сгорания поршневых и газотурбинных, паротурбинных установок, а также компрессорных и холодильных установок. Освоение теоретических основ и расчетных методик направлено на решение задач повышения эффективности основных теплоэнергетических установок.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о принципах преобразования тепловой энергии в работу в тепловых двигателях и методах повышения эффективности теплоэнергетических установок.

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

Как правило, в начале практического занятия письменно проводится опрос для экспресс-оценки уровня усвоения теоретического материала студентами. Опрос состоит из открытых вопросов, например:

- 1). Сколько и каких термических параметров необходимо задать для определения состояния систем?
- 2). В чем различие теплоты и работы?
- 3). Зачем необходимо уравнение состояния?
- 4). Что такое рабочая диаграмма и зачем она нужна?
- 5). Что такое идеальный газ и как записывается его уравнение состояния?
- 6). Как изображаются основные процессы идеального газа в координатах P - V , T - s ?

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля "Техническая термодинамика"

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы			
1.1 Основные понятия и определения термодинамики.	– информационная лекция; – решение задач с обсуждением результатов; – контрольная работа;	– подготовиться к опросу; – решить задачи (ауд. СРС); – подготовиться к контрольной	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с.
1.2. Термодинамика идеального газа.	– информационная лекция; – решение задач с обсуждением результатов; – контрольная работа;	- подготовиться к опросу; – решить задачи (ауд. СРС); – подготовиться к контрольной	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с.
1.3 Реальные газы и водяной пар.	– информационная лекция; – решение задач с обсуждением результатов; – контрольная работа	– подготовить и защитить доклад; – решить задачи (ауд. СРС) – подготовиться к контрольной	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с.
УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей			
2.1 Циклы двигателей внутреннего сгорания.	– информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов; – контрольная работа	– решить задачи (ауд. СРС); – подготовить и защитить доклад; – подготовиться к опросу;	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с.
2.2 Циклы паротурбинных установок.	– информационная лекция; – обсуждение докладов; – расчетно-графическая работа	– решить задачи (ауд. СРС); – подготовить и защитить доклад; – выполнение расчетно-графической работы	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2 Термодинамический расчет компрессора. Метод. указания к разделу №1 расчетно-графической работы по

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
			дисциплине «Техническая термодинамика» / сост. Т.А. Ланцева; НовГУ имени Ярослава Мудрого.- Великий Новгород,, 2006 - 16с.
2.3 Холодильные и теплонасосные установки.	– информационная лекция; – обсуждение докладов – контрольная работа	– решить задачи (ауд. СРС); – подготовить и защитить доклад; – подготовиться к контрольной ;	1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов-М.: Высшая школа, 2003.-260 с. 2. Цикл паровой одноступенчатой компрессорной холодильной установки. Метод. указания к разделу №3 расчетно-графической работы по дисциплине «Техническая термодинамика» /сост. Т.А. Ланцева; НовГУ имени Ярослава Мудрого.- Великий Новгород, 2006 - 17с.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – закрепление теоретического материала и выработка у студентов умения решать задачи по практическим аспектам учебного модуля.

- Практические занятия строятся следующим образом:
- 10% аудиторного времени в начале текущего занятия на опрос по теме занятия;
- 40% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовых задач у доски;
- 40% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок при решении задач.

Большинство задач содержится в учебном пособии: Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов- М.: Издательство МЭИ, 2006. -351с.

Контрольные работы проводятся после освоения студентами теоретического материала и тренинга по решению задач в каждом разделе. Контрольная работа состоит из трех задач в соответствии с изученными темами:

- Основные понятия и определения термодинамики;
- Термодинамика идеального газа;
- Реальные газы и водяной пар;
- Циклы двигателей внутреннего сгорания;
- Циклы паротурбинных установок;

В течение трех недель при изучении пятого раздела студенты выполняют расчетно-графическую работу «Расчет циклов с помощью диаграмм».

На практических занятиях проходит обсуждение докладов студентов. Примерные темы докладов:

- Развитие представлений о теплоте;
- Температура и методы ее измерения;
- История открытия первого начала термодинамики;
- Газовые законы;
- Роль тепловых двигателей в развитии человеческого общества;
- Паровые двигатели;
- Двигатели ДВС на различных видах транспорта;
- Использование холодильных машин в технике

Конкретная форма проведения практических занятий указана в таблице А.1.

А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов проработку полученных на занятиях теоретических знаний с использованием дополнительной литературы и специализированных интернет-сайтов.

Примеры разноуровневых задач с решением представлены в учебном пособии: Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с. Для подготовки к контрольной работе, докладам и экзамену рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

Вопросы к опросу

3.1 Вопросы по разделу 1.1

1. Что изучает техническая термодинамика?
2. Что такое термодинамическая система?
3. Какая система называется изолированной?
4. Что такое окружающая среда
5. Что такое теплота?
6. Что такое работа?
7. Чем отличается теплота от работы?
8. Какие известны способы изменения внутренней энергии системы?
9. Что такое термодинамический параметр?
10. Какое свойство характеризует температура?
11. Какие существуют температурные шкалы?
12. Какое свойство характеризует давление?
13. Каково соотношение между плотностью и удельным объемом вещества?
14. Что такое рабочее тело?
15. Условия равновесного состояния системы.
16. Понятие равновесного процесса.
17. Какие величины включает уравнение состояния?
18. Что такое термодинамическое пространство?
19. Что такое поверхность состояния?
20. Рабочая диаграмма – что это такое?
21. Формулировка первого начала термодинамики для неизолированной системы.
22. Какие величины связывает между собой первое начало термодинамики?

3.2 Вопросы по разделу 1.2

1. Чем отличается идеальный газ от реального газа?
2. Запишите уравнение состояния идеального газа.
3. Чему равна универсальная газовая постоянная?
4. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной?
5. Что такое смесь идеальных газов?
6. Сформулируйте закон Дальтона.
7. назовите способы задания состава газовой смеси?
8. Назовите примерный состав воздуха.
9. Каков физический смысл удельной теплоемкости?
10. Сформулируйте соотношение Майера.
11. Тепловая диаграмма – что это такое?
12. Изобразите изохорный процесс идеального газа в P-v, T-s координатах.
13. Изобразите изобарный процесс идеального газа в P-v, T-s координатах.
14. Изобразите изотермический процесс идеального газа в P-v, T-s координатах.
15. Изобразите адиабатный процесс идеального газа в P-v, T-s координатах.
16. В каком направлении самопроизвольно передается теплота?
17. Что такое вечный двигатель второго рода?
18. Условия реализации теплового двигателя.
19. Физический смысл термического КПД теплового двигателя.
20. Изобразите цикл Карно в T-s координатах.

3.3 Вопросы по разделу 1.3

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Запишите уравнение состояния Ван дер Ваальса.
3. Изобразите граничные кривые для воды и водяного пара на P-v диаграмме.
4. Изобразите граничные кривые для воды и водяного пара на T-s диаграмме.
5. Что такое критическое состояние воды.
6. Степень сухости двухфазной смеси – что это такое?
7. Физический смысл теплоты парообразования.
8. Что изображается на фазовой диаграмме?
9. Кривая насыщения – что она характеризует?
10. При каких условиях существует двухфазная пароводяная смесь?
11. Влажный воздух – что это такое?
12. Абсолютная влажность воздуха.
13. Чем отличаются абсолютная и относительная влажности воздуха?
14. Каково различие между влажностью и влагосодержанием воздуха?
15. Чем интересна точка росы?
16. Определение влагосодержания влажного воздуха.
17. Изобразите процесс парообразования при постоянном объеме в P-v диаграмме.
18. Изобразите процесс парообразования при постоянном объеме в T-s диаграмме.

3.4 Вопросы по разделу 2.1

1. Физический смысл уравнения неразрывности для потока газа?
2. Физический смысл уравнения Бернулли для потока газа?
3. Что происходит при течении газа в диффузоре?
4. Что происходит при течении газа через сопло?
5. Чем отличается сопло от диффузора?
6. Какую форму имеет сопло Лаваля?
6. Зачем нужно сопло Лаваля?

8. Что такое компрессор?
8. Принцип действия поршневого компрессора?
10. Зачем нужен многоступенчатый компрессор?
12. Чем отличаются одно и многоступенчатые компрессоры?
13. Особенность двигателей внутреннего сгорания?
14. Виды двигателей внутреннего сгорания.
15. Изобразите цикл двигателя Отто в $P-v$, $T-s$ координатах.
16. От каких параметров зависит кпд цикла Отто?
17. Изобразите цикл двигателя Дизеля в $P-v$, $T-s$ координатах.
18. Изобразите цикл двигателя Тринклера в $P-v$, $T-s$ координатах.
19. Изобразите цикл газовой турбины в $P-v$, $T-s$ координатах.
20. Каково отличие поршневых ДВС от газовой турбины.

3.5 Вопросы по разделу 2.2.

1. Изобразите цикл Карно с двухфазной пароводяной смесью?
2. Что мешает реализовать цикл Карно с двухфазной пароводяной смесью?
3. Изобразите схему паротурбинной установки по циклу Ренкина.
4. Изобразите цикл Ренкина в $P-v$, $T-s$ координатах.
5. От каких параметров зависит кпд цикла Ренкина?
6. Как нужно изменять давление пара после турбины для повышения кпд цикла Ренкина?
7. Как нужно изменять давление перед турбиной для повышения кпд цикла Ренкина?
8. Как нужно изменять температуру пара перед турбиной для повышения кпд цикла Ренкина?
8. Зачем используется промежуточный перегрев пара в цикле Ренкина?
9. В чем состоит идея регенерации теплоты в цикле Ренкина?
10. В чем состоит смысл теплофикационного цикла паротурбинной установки?
12. Возрастает ли термический кпд теплофикационного цикла?
13. Изобразите происходящий в турбине процесс в $P-v$, $T-s$, $h-s$ координатах.
14. Изобразите происходящие в котлоагрегате процессы в $P-v$, $T-s$, $h-s$ координатах.
15. Назовите приблизительную величину давления пара в конденсаторах современных паротурбинных установок.
16. Какова температура перегретого пара в современных паротурбинных установках?
17. Что такое удельный расход пара?

3.6 Вопросы по разделу 2.3.

1. В чем состоит идея холодильного цикла?
2. Прямой или обратный цикл используется в холодильных машинах?
3. Что такое хладагент?
4. Чем характеризуется эффективность холодильного цикла?
5. Физический смысл холодильного коэффициента,
6. В каком диапазоне изменяется холодильный коэффициент?
7. Назовите виды хладагентов.
8. Как выглядит обратный цикл Карно в координатах $T-s$?
9. Изобразите цикл воздушной холодильной установки в $P-v$, $T-s$, $h-s$ координатах.
11. Почему не используются воздушные холодильные установки?
10. Изобразите цикл парокомпрессионной холодильной установки в $P-v$, $T-s$, $h-s$ координатах.
11. Чем отличается холодильная установка от теплового насоса?

12. Что такое тепловой насос и для чего он используется?

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа включает три части А-Б-В

А - Термодинамический расчет многоступенчатого компрессора**Условия**

Давление воздуха на входе в первую ступень компрессора $P_1=0,1$ МПа и температура $t_1=17^\circ\text{C}$. Допустимое повышение температуры воздуха в каждой ступени $[\Delta T]$, К; показатель политропы сжатия n , конечное давление P_k и объемная производительность компрессора при нормальных условиях $V_{н.у.}$ приведены в табл. А.1 в соответствии с номером варианта.

Необходимо определить:

- 1) Количество ступеней компрессора - Z .
- 2) Степень повышения давления в каждой ступени - β .
- 3) Суммарное количество теплоты, отведенной от воздуха в рубашки цилиндров и промежуточные холодильники - Q_Σ , кВт.
- 4) Расход охлаждающей воды, которая нагревается на $\Delta t = 20$ К - m , кг/с.
- 5) Теоретическую мощность привода компрессора - $N_{теор}$, кВт.
- 6) Во сколько раз увеличивается мощность привода компрессора, если сжатие воздуха осуществлять в одноступенчатом компрессоре при выбранном показателе политропы n ? При этом принять следующие упрощающие предположения: - трение отсутствует, - не учитывается вредное пространство.
- 7) Привести теоретическую диаграмму многоступенчатого и одноступенчатого сжатия в Т- s диаграмме.

Таблица А

Вариант	$[\Delta T]$, К	P_k , МПа	n	$V_{н.у.}$, м ³ /ч
0	80	15	1,13	5000
1	90	16	1,15	4000
2	100	17	1,18	4500
3	110	18	1,20	3000
4	120	19	1,22	3500
5	130	20	1,24	2500
6	140	21	1,26	2000
7	150	22	1,28	1500
8	140	23	1,30	1200
9	130	24	1,32	1100

Б -Циклы паротурбинных установок**Условия задания**

Показать сравнительным расчетом целесообразность применения пара высоких параметров на примере паротурбинной установки (ПТУ), работающий по циклу Ренкина для двух значений начального давления и начальной температуры пара P_1, t_1 и (P_1^*, t_1^*) соответственно при одинаковом давлении в конденсаторе $P_2 = 0,04$ бар. Внутренний относительный КПД турбины $\eta_{oi} = 0,86$.

Сопоставить характеристики циклов, если ПТУ будет работать по циклу с промежуточным перегревом пара. Пар с начальными параметрами P_1^* и t_1^* расширяется в ступенях высокого давления турбины до некоторого промежуточного давления P_{np} , которому соответствует степень сухости $x_{np} = 0,98$. Пар при этом давлении направляется на вторичный перегрев до температуры t_1^* , а затем расширяется в ступени низкого давления до $P_2 = 0,04$ бар. Процессы расширения пара считать адиабатными (изоэнтропными). Данные, необходимые для расчета, в зависимости от варианта, приведены в табл. Б.1.

Требуется определить:

Для цикла Ренкина для двух вариантов:

- 1) располагаемое теплопадение h_o ,
- 2) теоретический удельный расход пара d_m и теплоты q ,
- 3) термический КПД η_t ,
- 4) внутренний абсолютный КПД η_i ,
- 5) степень сухости пара x_2 (при давлении P_2) при обратимом и необратимом расширении пара в турбине ($\delta = 0$ и $\delta > 0$). Для цикла с промежуточным перегревом пара выполнить пункты 2,3,5 (при $\delta = 0$).
- 6) изобразить принципиальную схему ПТУ, работающей по циклу Ренкина, а также цикл ПТУ в координатах $p-v$, $T-s$, $h-s$,
- 7) привести схемы расчета в координатах $h-s$,
- 8) составить свободную таблицу результатов расчета и выполнить ее анализ.

Таблица Б

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P_1 , МПа	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5
t_1 , °C	250	300	330	350	380	390	350	360	340	400
P_1^* , МПа	8	9	10	11	12	13	14	16	18	20
t_1^* , °C	480	490	500	520	530	540	550	560	580	600

В - Цикл паровой компрессионной холодильной установки

Условия задания:

температура кипения хладагента t_0 ,

- температура всасывания t_b ,
- температура конденсации t_k ,
- температура переохлаждения t_n ,
- холодопроизводительность машины Q_o , кВт,
- коэффициент подачи компрессора λ ,
- индикаторный КПД компрессора η_i ,
- механический КПД $\eta_{мех} = 0,86$.

Необходимо определить:

Определить по диаграмме $\lg p-h$ и по таблицам насыщенных паров фреона-12, давление P , температуру t , энтальпию h , удельный объем v для узловых точек цикла.

1) Рассчитать удельные массовую q_0 и объемную q_v холодопроизводительности хладагента, работу цикла l_u , холодильный коэффициент ϵ и массовый расход m циркулирующего хладагента.

2) Определить объем паров хладагента V , всасываемых компрессором, рабочий объем компрессора V_h , теоретическую N_t , индикаторную N_i и эффективную N_e мощности компрессора.

3) Определить тепловую нагрузку на конденсатор Q_k .

4) Привести схему и цикл холодильной машины с регулирующим вентилем в диаграммах

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_o , кВт	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
t_o , $^{\circ}\text{C}$	0	-5	-10	-12	-15	-18	-20	-22	-25	-20
t_b , $^{\circ}\text{C}$	+35	+ 15	+ 10	+25	-5	+ 10	0	+5	-10	- 10.
λ	0,63	0,61	0,70	0,68	0,81	0,78	0,66	0,62	0,76	0,83
η_i	0,68	0,70	0,72	0,76	0,78	0,82	0,83	0,79	0,85	0,87

Темы докладов

1. Развитие представлений о теплоте.
2. Температура и методы ее измерения.
3. История открытия первого начала термодинамики.
5. Роль паровых двигателей в развитии человеческого общества.
6. Тепловые двигатели автомобильного транспорта.
7. Тепловые двигатели винтовой авиации.
8. Тепловые двигатели реактивной авиации.
9. Тепловые двигатели на речном транспорте.
10. Тепловые двигатели на морском транспорте.
11. История создания паровых турбин.
12. Роль паровых турбин в теплоэнергетике.
13. Использование холодильных машин в пищевой промышленности.
14. Использование холодильных машин в технике.
15. История развития поршневых двигателей внутреннего сгорания.
16. Тепловые насосы для отопления.
17. Тепловые двигатели ракетной техники.
18. Паровые двигатели и развитие железных дорог.
19. Виды поршневых двигателей внутреннего сгорания.
20. Схема и анализ цикла газотурбинной установки.
21. Анализ цикла газотурбинной установки с регенерацией теплоты..
22. Схема и цикл турбореактивного ДВС.
23. Схема и цикл жидкостного ракетного двигателя.
24. Теоретический цикл паротурбинной установки – цикл Ренкина.
25. Цикл паротурбинной установки со вторичным перегревом пара.
26. Регенеративный цикл паротурбинной установки.
27. Теплофикационный цикл паротурбинной установки.
28. Принцип получения холода. Характеристики обратного цикла Карно.
29. Схема и анализ цикла паровой компрессионной холодильной установки.
30. Назначение и принцип действия тепловых насосов.

Примеры заданий в тестовой форме

1	Взаимопревращение каких видов энергии изучает техническая термодинамика	1 Любых видов энергии 2 Теплоты и механической работы 3 Теплоты и химической энергии
2	Адиабатной называется система, не обменивающаяся с окружающей средой	1 Любыми видами энергии 2 Механической работой 3 Теплотой
3	Изолированной называется система, не обменивающаяся с окружающей средой	1 Механической работой 2 Теплотой 3 Механической работой и теплотой
4	Если манометр показал давление p_m , то абсолютное давление p равно...	1 $p = p_{атм} + p_m$ 2 $p = p_m$ 3 $p = p_{атм} - p_m$
5	В каких единицах измеряется универсальная газовая постоянная $R_\mu = 8314$	1 Дж/(кмоль·К) 2 Ккал/(кмоль·К) 3 кг/(кмоль·К)
6	Какое из выражений является уравнением изобары идеального газа	1 $P \cdot v^0 = const$ 2 $P \cdot v = const$ 3 $P \cdot v^k = const$
7	Какое из выражений является уравнением изотермы идеального газа	1 $P \cdot v^0 = const$ 2 $P \cdot v = const$ 3 $P \cdot v^k = const$
8	Какое из выражений является уравнением адиабаты идеального газа	1 $P \cdot v^0 = const$ 2 $P \cdot v = const$ 3 $P \cdot v^k = const$
9	В каком из процессов все тепло идет на увеличение внутренней энергии	1 Изобарный 2 Изохорный 3 Изотермический 4 Адиабатный
10	В каком из процессов все тепло идет на совершение работы	1 Изобарный 2 Изохорный 3 Изотермический 4 Адиабатный
11	В каком из процессов вся работа затрачивается на увеличение внутренней энергии	1 Изобарный 2 Изохорный 3 Изотермический 4 Адиабатный

12	Как изменяется степень сухости влажного насыщенного пара при изотермическом расширении	1 Повышается 2 Понижается 3 Постоянна
13	Как изменяется при адиабатном дросселировании температура пара	1 Увеличивается 2 Уменьшается 3 Не изменяется
14	Как изменяется при адиабатном дросселировании температура идеального газа	1 Увеличивается 2 Уменьшается 3 Не изменяется
15	Как изменяется при адиабатном дросселировании энтальпия газа или пара	1 Увеличивается 2 Уменьшается 3 Не изменяется
16	Теплообменный аппарат – это устройство для	1 передачи теплоты 2 преобразования теплоты в работу 3 для сжатия газов и паров
17	Тепловой двигатель – это устройство для	1 передачи теплоты 2 преобразования теплоты в работу 3 для сжатия газов и паров
18	Компрессор – это устройство для	1 передачи теплоты 2 преобразования теплоты в работу 3 для сжатия газов и паров

Комплект экзаменационных билетов.

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Температура как мера нагретости тела. Температурные шкалы.
- 2 Влажный воздух и его параметры.
- 3 Анализ процесса идеального газа $v = \text{const.}$
- 4

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Термодинамическое равновесие. Термическое уравнение состояния.
- 2 Диаграмма $I-d$ влажного воздуха и расчет основных процессов с влажным воздухом по этой диаграмме.
- 3 Анализ процесса идеального газа $p = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Термодинамический процесс: равновесный, неравновесный, обратимый. Уравнение процесса и его графическое изображение.
- 2 Анализ процесса сжатия газа в поршневом одноступенчатом компрессоре.
- 3 Анализ процесса идеального газа $T = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
 Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
 Политехнический институт
 Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4
 по курсу Техническая термодинамика

- 1 Внутренняя энергия системы и ее свойства. Внутренняя энергия идеального газа.
- 2 Сжатие газа во многоступенчатом компрессоре
- 3 Анализ процесса идеального газа $T = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
 Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
 Политехнический институт
 Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5
 по курсу Техническая термодинамика

- 1 Работа изменения объема как функция процесса. Располагаемая работа.
- 2 Анализ цикла поршневого ДВС Отто с подводом теплоты при $v = \text{const}$.
- 3 Анализ политропного процесса идеального газа $c_n = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
 Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
 Политехнический институт
 Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6
 по курсу Техническая термодинамика

- 1 Первое начало термодинамики и его аналитическое выражение с использованием внутренней энергии и энтальпии.
- 2 Анализ цикла поршневого ДВС Дизеля с подводом теплоты при $p = \text{const}$.

- 3 Анализ процесса идеального газа $v = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Уравнение состояния идеального газа.
- 2 Анализ цикла поршневого ДВС Тринклера со смешанным подводом теплоты.
- 3 Анализ процесса идеального газа $p = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Энтальпия системы и ее свойства. Энтальпия идеального газа.
- 2 Схема и анализ цикла газотурбинной установки.
- 3 Анализ процесса идеального газа $T = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Смеси идеальных газов. Кажущаяся молекулярная постоянная смеси.
- 2 Анализ цикла газотурбинной установки с регенерацией теплоты.
- 3 Анализ процесса идеального газа $s = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Истинная и средняя теплоемкости.
- 2 Схема и цикл турбореактивного ДВС.
- 3 Анализ политропного процесса идеального газа $c_n = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Изобарная и изохорная теплоемкости идеального газа. Закон Майера.
- 2 Схема и цикл жидкостного ракетного двигателя.
- 3 Анализ процесса идеального газа $v = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Энтропия идеального газа.
- 2 Теоретический цикл паротурбинной установки – цикл Ренкина.
- 3 Анализ процесса идеального газа $p = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Второе начало термодинамики (в различных формулировках).
- 2 Влияние параметров пара на КПД цикла Ренкина.
- 3 Анализ процесса идеального газа $T = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Цикл Карно для идеального газа и его термический КПД.
- 2 Цикл паротурбинной установки со вторичным перегревом пара.
- 3 Анализ процесса идеального газа $s = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Регенеративный цикл Карно.
- 2 Цикл паротурбинной установки со вторичным перегревом пара.
- 3 Анализ политропного процесса идеального газа $c_n = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

по курсу Техническая термодинамика

- 1 Средняя температура подвода теплоты в процессе.
- 2 Теплофикационный цикл паротурбинной установки.

- 3 Анализ процесса идеального газа $v = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Эксергия системы и эксергия теплоты.
- 2 Принцип получения холода. Характеристики обратного цикла Карно.
- 3 Анализ процесса идеального газа $p = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Диаграмма $p-v$ и свойства воды и водяного пара.
- 2 Схема и анализ цикла воздушной холодильной установки.
- 3 Анализ процесса идеального газа $T = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Диаграмма $T-s$ и свойства воды и водяного пара.
- 2 Схема и анализ цикла паровой компрессионной холодильной установки.
- 3 Анализ процесса идеального газа $s = \text{const.}$

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Министерство науки и образования Российской Федерации

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20
по курсу Техническая термодинамика

- 1 Фазовая p - T диаграмма воды и водяного пара и уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
- 2 Назначение и принцип действия тепловых насосов.
- 3 Анализ политропного процесса идеального газа $c_n = \text{const}$.

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

**Приложение Б
(обязательное)**

**Технологическая карта
учебного модуля «Техническая термодинамика»
семестр 4, ЗЕТ 6, вид аттестации - экзамен, акад. часов - 216, баллов рейтинга - 300**

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
УЭМ 1 Рабочие тела и термодинамические процессы								125
1.1 Основные понятия и определения термодинамики	1-3	6	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Опрос Контрольная работа	10 10 15
1.2 Термодинамика идеального газа	4-6	6	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Опрос Контрольная работа	10 10 15
1.3 Реальные газы и водяной пар	7-9	4	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Опрос Контрольная работа	10 10 15
Рубежный контроль по УЭМ1	9	18	27	-	9	45	Тестовое задание	20
Рубежная аттестация – не менее 62 балла из 125								
УЭМ 2 Циклы тепловых двигателей								125
2.1 Циклы двигателей внутреннего сгорания	10-12	6	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Опрос Контрольная работа	10 10 15
2.2 Циклы паротурбинных установок	13-15	6	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Расчетно-графическая работа Доклад	10 20 15
2.3 Холодильные и теплонасосные установки	16-18	6	9	-	3	15	Разноуровневые задачи Контрольная работа	10 15
Рубежный контроль по УЭМ2	18	18	27	-	9	45	Тестовое задание	20
Экзамен						36		50

Итого:		36	54	-	18	126		300
---------------	--	-----------	-----------	----------	-----------	------------	--	------------

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины

(в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» от 27.09.2011г. № 32):

- оценка «удовлетворительно» – от 150 до 207 баллов;
- оценка «хорошо» – от 208 до 267 баллов;
- оценка «отлично» – от 268 до 300 баллов.

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций ПК-2, ПК-3, ПК-6

ПК-2 Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетвори-тельно	Хорошо	Отлично
Базовый уровень	Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, применяемых в технической термодинамике	Недостаточно знаком с основными методами математического анализа, физического и математического моделирования объектов и процессов технической термодинамики	Демонстрирует способности в познании и формулировках основных законов естественных наук, применяемых в технической термодинамике	Демонстрирует способности в познании и формулировках основных законов естественных наук, применяемых в технической термодинамике, показывает способности владения типовыми методами математического анализа, физического и математического моделирования
	Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин в технической термодинамике	Испытывает затруднения в формулировках основных законов естественных наук	Демонстрирует способности в применении основных законов естественнонаучных дисциплин технической термодинамике	Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин технической термодинамике
	Владеет методами математического анализа, физического и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Испытывает трудности в овладении типовыми методами математического анализа, физического и математического моделирования	Показывает успехи в овладении типовыми методами математического анализа, физического и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Владеет типовыми методами математического анализа, физического и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ПК-3 Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Базовый уровень	Знает фундаментальные законы природы, основные физические и химические понятия и законы, методы составления и исследования уравнений технической термодинамики	Испытывает затруднения в изучении основных фундаментальных законов природы, основных физических и химических понятиях и законов, типовых методов составления и исследования технической термодинамики	Демонстрирует способности в изучении основных фундаментальных законов природы, основных физических и химических понятиях и законов, типовых методов составления и исследования уравнений технической термодинамики	Знает основные фундаментальные законы природы, основные физические и химические понятия и законы, типовые методы составления и исследования уравнений технической термодинамики
	Умеет применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач технической термодинамики	Показывает недостаточное умение в применении методов вычислительной математики для моделирования задач технической термодинамики	Демонстрирует способности в применении методов вычислительной математики для моделирования типовых задач технической термодинамики	Демонстрирует в применении методов вычислительной математики для моделирования типовых задач технической термодинамики
	Умеет применять методы вычислительной математики для моделирования теплотехнических процессов	Испытывает затруднения в применении методов вычислительной математики для моделирования теплотехнических процессов	Показывает способности в применении методов вычислительной математики для моделирования теплотехнических процессов	Умеет применять методы вычислительной математики для моделирования теплотехнических процессов

	Владеет методами построения математических моделей теплоэнергетических процессов и содержательной интерпретации полученных результатов	Испытывает трудности в овладении методами построения математических моделей типовых теплоэнергетических процессов и содержательной интерпретации полученных результатов	Демонстрирует способности в овладении методами построения математических моделей типовых теплоэнергетических процессов и содержательной интерпретации полученных результатов	Владеет методами построения математических моделей типовых теплоэнергетических процессов и содержательной интерпретации полученных результатов
	Владеет методами математической статистики для обработки результатов экспериментов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании теплотехнических процессов в	Испытывает затруднения в овладении типовыми методами математической статистики для обработки результатов экспериментов, распространенным и пакетами прикладных программ, используемых при моделировании теплотехнических процессов	Демонстрирует способности в овладении типовыми методами математической статистики для обработки результатов экспериментов, распространенными пакетами прикладных программ, используемых при моделировании теплотехнических процессов	Владеет типовыми методами математической статистики для обработки результатов экспериментов, распространенными пакетами прикладных программ, используемых при моделировании теплотехнических процессов

ПК-6 Способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		3	4	5
Базовый уровень	Знает отечественные и зарубежные научно-технические источники информации по теплоэнергетике	Испытывает затруднения в изучении отечественных и зарубежных научно-технических источников информации по теплоэнергетике	Демонстрирует способности в изучении типовых отечественных и зарубежных научно-технических источников информации по теплоэнергетике	Знает типовые отечественные и зарубежные научно-технические источники информации по теплоэнергетике

	Умеет анализировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт в сфере теплоэнергетики	Испытывает затруднения в анализе типовой отечественной и зарубежной научно-технической информации, изучении отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоэнергетики	Демонстрирует способности при анализе типовой отечественной и зарубежной научно-технической информации, изучении отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоэнергетики	Умеет анализировать типовую отечественную и зарубежную научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт в сфере теплоэнергетики
	Владеет навыками практического использования отечественного и зарубежного опыта по теплоэнергетике	Испытывает затруднения практического использования отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	Демонстрирует способности в практическом использовании типового отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоэнергетики	Демонстрирует навыки владения типового отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоэнергетики

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения
учебного модуля "Техническая термодинамика "

Направление (специальность) – 13.03.01 “Теплоэнергетика и теплотехника”

Формы обучения – очная. Курс 2. Семестр 4.

Часов: всего - 216, лекций - 36, практ. зан. - 54, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа, КП) – 126.

Обеспечивающая кафедра - ПРЭН

Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Кудинов В. А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров -М.: Юрайт, 2011.-560 с.	2	
2 Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов - М.: Высшая школа, 2003.-260 с.	10	
3 Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов - М.: Высшая школа, 2001.-260с.	12	
4 Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В. Сборник задач по технической термодинамике: учеб. пособие для вузов -М.: Издательство МЭИ, 2006.-351с.	5	
Учебно-методические издания		
1 Термодинамический расчет компрессора. Метод. указания к разделу №1 расчетно-графической работы по дисциплине “Техническая термодинамика” / Сост. Т.А. Ланцева; НовГУ имени Ярослава Мудрого: Великий Новгород,, 2006 - 16с.	10	
2 Цикл паровой одноступенчатой компрессорной холодильной установки. Метод. указания к разделу №3 расчетно-графической работы по дисциплине “Техническая термодинамика” /Сост. Т.А. Ланцева; НовГУ имени Ярослава Мудрого: Великий Новгород, 2007 - 17с.	10	
3 Методические указания «Виртуальная лаборатория по технической термодинамике и теплопередаче» /Сост. Кузнецов Б.Ф., Тарантова Г.Д, Майоров В.А. – Великий Новгород, НовГУ, 2012 - 52с.-74 с.Режим доступа: http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?spec=140104.65&showfolder=7614		

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Сайт инжиниринговой компании ТЕСИС (инженерные программы– FlowVision)	http://www.tesis.com.ru/	