

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Техническая термодинамика»

**Направления подготовки**  
«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

**Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

**Квалификация выпускника**  
*Бакалавр*

**Форма обучения**  
Очно-заочная

## Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Техническая термодинамика» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 24.009 «Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями»;
- 20.001 Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Изучение курса «Техническая термодинамика» связано с необходимостью знаний основ математики (общий курс), физики (общая), химии (общая), широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления.

Для освоения дисциплины «Техническая термодинамика» необходимы знание, умение и владение материалом по предшествующим: математика; физика; химия.

При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- А/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара (ПС 24.083);
- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083);
- В/01.6 Ведение заданного режима работы оборудования ТЭС (ПС 20.001);
- А/02.6 Организация работ по направлению деятельности проекта (ПС 24.009);

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект и область знаний	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизиро-	ПК-1 способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	З-ПК-1Знать: документы и стандарты организации в области проектной деятельности; принципы работы эксплуатируемого оборудования, трубопроводов и технологических систем турбинного отделения У-ПК-1Уметь: работать с информационным пространством на сервере (веб-сервере) организации для хранения, обмена и

	ванного управления технологическими процессами в теплоэнергетике		совместного использования информации по проекту В-ПК-1 Владеть: методиками составления документации с описанием объема работ по направлению проекта; методами контроля ключевых показателей эффективности и качества по направлению проекта.
Проведение теплотехнических расчетов оборудования согласно типовым методикам	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-5 Способен проводить теплотехнические, гидравлические, прочностные расчеты по типовым методикам	З-ПК-5 Знать: требования нормативных правовых актов, нормативно-технических и методических документов для проведения типовых расчетов У-ПК-5 Уметь: выполнять расчеты по типовым методикам В-ПК-5 Владеть: информационно-коммуникационными технологиями, в том числе специализированным программным обеспечением для проведения расчетов
Изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-15 способен к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	З-ПК-15 Знать: методики проведения экспериментов, фундаментальные разделы математики, необходимые для логического осмысления и обработки информации, полученной в ходе эксперимента У-ПК-15 Уметь: применять основные положения и методы математических наук при решении сложных комплексных профессиональных задач; проводить эксперименты В-ПК-15 Владеть: методиками экспериментального исследования, навыками использования математического аппарата при анализе результатов эксперимента

## Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспита- тельного потенциала учеб- ных дисциплин	Вовлечение в раз- ноплановую внеучебную дея- тельность
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование от- ветственности за профессиональный выбор, профессио- нальное развитие и профессиональные решения <b>(B18)</b>	Использование воспитатель- ного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студен- тов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студен- тами индивидуальных обра- зовательных траекторий, ор- ганизации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных тех- нологий.	1. Организация науч- но-практических конференций, круг- лых столов, встреч с ведущими специали- стами предприятий экономического сек- тора города по вопро- сам технологического лидерства России. 2. Участие в подго- товке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых науч- ных изданиях
<b>Профессиональное воспитание</b>	– формирование профессиональной ответственности в области исследова- ния, проектирования, конструирования и эксплуатации тепло- технического и(лил) электротехнического оборудования <b>(B28)</b>	1. Использование для форми- рования чувства личной от- ветственности в области ис- следования, проектирования, конструирования и эксплуа- тации теплотехнического и(лил) электротехнического оборудования воспитатель- ного потенциала блока про- фессиональных дисциплин: Проектирование и оптимиза- ция установок по снабжению энергоносителями/ Проекти- рование систем электроснаб- жения промышленных пред- приятий/Проектирование си- стем электроснабжения горо- дов; Алгоритмизация и моделиро- вание в теплоэнергетике и теплотехнологии/ Математи- ческие модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике; Обследование и испытание теплоэнергетического обору- дования промышленных предприятий/ Релейная защи- та и автоматизация электро- энергетических систем. Электрические станции и подстанции; Электроэнергетические си-	1. Организация и проведение экс- курсий, научно- практических кон- ференций, форумов, круглых столов, ве- бинаров по вопро- сам профессиональ- ной деятельности 2. Участие в студенческих олим- пиадах и конкурсах научных проектов, творческих меро- приятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills. 3. Участие в подготовке публика- ций в периодических научных изданиях; 4. Участие в де- ятельности студен- ческого научного общества

		<p>стемы и сети; Электроснабжение; Основы проектирования электрооборудования; Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах.</p> <p>2. Развитие навыков творческого мышления путем содействия и поддержки участия студентов в научно-практических мероприятиях внутривузовского регионального и/или всероссийского уровня по электро- и(или) теплоэнергетике.</p>	
--	--	--	--

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 4-ом и 5-ом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 ак. часа.

### Календарный план

(4-й семестр)

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1	Законы термодинамики (первый закон термодинамики)	29	6	3	2	18	КЛ	25
	2	Законы термодинамики (второй закон термодинамики)	26/4	4/2		4/2	18		
2	3	Термодинамические процессы (процессы водяного пара)	27/2	4/2	3	2	18	КЛ	25
	4	Термодинамические процессы (процессы во влажном воздухе)	26/4	4/2	3/2	1	18		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108/10</b>	<b>18/6</b>	<b>9/2</b>	<b>9/2</b>	<b>72</b>	<b>Зачет</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или)

экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
З	Зачет

(5-й семестр)

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
3	5	Термодинамические процессы в нагнетателях и тепловых двигателях (сжатие газов и паров)	46	6	4	6	22	КЛ	25
	6	Термодинамические процессы в нагнетателях и тепловых двигателях (циклы двигателей внутреннего сгорания)	42/6	4/2	4/2	4/2	22		
4	7	Процессы получения работы, теплоты и холода (паросиловые циклы)	44/6	4/2	4/2	4/2	22	КЛ	25
	8	Процессы получения работы, теплоты и холода (циклы холодильных установок)	48/6	4/2	6/2	4/2	24		
Вид промежуточной аттестации			180/18	18/6	18/6	18/6	90/36	Экзамен	50

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или)

экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
Э	Экзамен

### Содержание лекционного курса

Темы лекций. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
---	-------------	----------------------------------

1	2	3
<p>Лекция 1. <i>Первый закон термодинамики</i></p> <p>1.Предмет технической термодинамики. Общие понятия и определения.</p> <p>2.Предмет и методы технической термодинамики. Общие понятия и определения.</p> <p>3.Понятия термодинамического процесса и термодинамической системы.</p> <p>4.Идеальные газы. Реальные газы.</p> <p>5.Основные параметры состояния идеальных газов. Уравнения состояния идеальных газов. Свойства реальных газов..</p> <p>6.Первый закон термодинамики.</p> <p>7.Понятия внутренней энергии и работы расширения газа. Аналитическое выражение работы процесса. Понятия энтальпии и энтропии.</p> <p>8.Теплоемкость газов.</p> <p>Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Аналитические выражения для теплоемкостей <math>c_v</math> и <math>c_p</math>.</p> <p>9.Процессы изменения состояния идеальных газов.</p> <p>10.Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процесс.</p>	6	1-14
<p>Лекция 2. <i>Второй закон термодинамики</i></p> <p>1.Формулировка второго закона термодинамики. Теория циклов. Основные положения второго закона термодинамики.</p> <p>2.Круговые термодинамические процессы, или циклы.</p> <p>3.Теорема Карно.</p> <p>4.Свойства обратимых и необратимых циклов и математическое выражение второго закона термодинамики.</p>	4	1-14
<p>Лекция 3. <i>Процессы водяного пара</i></p> <p>1.Основные понятия и определения.</p> <p>2.Основные параметры жидкости и сухого насыщенного пара.</p> <p>3.Теплота парообразования.</p> <p>4.Основные термодинамические процессы водяного пара.</p>	4	1-14
<p>Лекция 4 <i>Влажный воздух</i></p> <p>1.Общие понятия.</p> <p>2.Абсолютная влажность, влагосодержание и относительная влажность воздуха.</p> <p>3.Основные процессы во влажном воздухе</p>	4	1-14
<p>Лекция 5 <i>Сжатие газов и паров</i></p> <p>1.Назначение, устройства, основные процессы в компрессорах,.</p> <p>2.теоретические и действительные диаграммы процессов,</p> <p>4.Основные характеристики компрессоров</p>	6	1-14
<p>Лекция 6 Циклы двигателей внутреннего сгорания</p> <p>1.Основные процессы циклов.</p> <p>2.Цикл со сгоранием при подводе теплоты при постоянном объеме</p> <p>3. Цикл со сгоранием при подводе теплоты при постоянном давлении</p> <p>4. Цикл со сгоранием при смешанном подводе теплоты</p> <p>5.Характеристики циклов</p>	4	1-14

Лекция 7 <i>Паросиловые циклы</i> 1. Паросиловой цикл Ренкина 2. Теплофикационные циклы 3. Цикл газовой турбины и парогазовый цикл	4	1-14
Лекция 8 <i>Циклы холодильных установок</i> 1. Истечение газов и паров. 2. Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа. Работа проталкивания. Истечение капельной жидкости. 3. Дросселирование газов и паров. Смешение газов. Уравнение процесса дросселирования. 4. Эффект Джоуля-Томсона 5. Паро и газоконденсационные циклы, парожеткатор-ный и абсорбционный цикл	4	1-14

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<i>Первый закон термодинамики:</i> 1. Определение внутренней энергии газов 2. Определение работы процесса 3. Определение теплоты, участвующей в процессе	2	1-14
<i>Второй закон термодинамики:</i> 1. Определение термического КПД цикла Карно 2. Определение холодильного коэффициента цикла Карно 3. Определение работы прямого и обратного произвольного циклов	4	1-14
<i>Процессы водяного пара</i> 1. Построение основных термодинамических процессов в $PV$ координатах. Вычисление работы процесса. 2. Построение основных термодинамических процессов в $TS$ координатах. Вычисление теплоты процесса. 3. Построение основных термодинамических процессов в $hS$ координатах. Определение термодинамических параметров	2	1-14
<i>Процессы во влажном воздухе</i> 1. Построение процессов охлаждения и нагревания воздуха в диаграмме Рамзина 2. Определение параметров влажного воздуха	1	1-14
<i>Сжатие газов и паров</i> 1. Построение теоретической индикаторной диаграммы поршневого компрессора (одно- и многоступенчатого) 2. Определение работы сжатия и теплоты сжатия одно- и многоступенчатого компрессора 3. Определение параметров работы компрессора. 4. Сравнение эффективности работы компрессора с различными процессами сжатия	6	1-14
<i>Циклы двигателей внутреннего сгорания</i> 1. Определение термического КПД цикла с подводом теплоты при постоянном объеме 2. Определение термического КПД цикла с подводом теплоты при постоянном давлении	4	1-14



3.Определение термического КПД цикла со смешанным подводом теплоты		
<i>Паросиловые циклы</i> 1.Расчет параметров процесса паросиловой установки без перегрева пара 2.Расчет параметров процесса паросиловой установки с перегревом пара 1.Расчет параметров процесса паросиловой установки с теплофикационным циклом	4	1-14
<i>Циклы холодильных установок</i> 1.Расчет параметров парокомпрессионной установки 2.Расчет параметров газокompрессионной установки 3.Расчет параметров парожеткторной установки 4.Расчет параметров абсорбционной установки	4	1-14

### Перечень лабораторных работ

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<i>Первый закон термодинамики:</i> Определение теплоемкости влажного воздуха	3	6
<i>Процессы водяного пара</i> Определение теплоты парообразования	3	6
<i>Процессы во влажном воздухе</i> Определение параметров влажного воздуха	3	6
<i>Сжатие газов и паров</i> Индицирование рабочего поршневого компрессора	4	4
<i>Циклы двигателей внутреннего сгорания</i> Индицирование рабочего двигателя со смешанным подводом теплоты	4	5
<i>Паросиловые циклы</i> Определение энергетических параметров паровой микротурбины.	4	5
<i>Циклы холодильных установок</i> 1.Изучение дросселирования газа 2.Исследование вихревого эффекта	6	5

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>4 семестр</b>		
Предмет технической термодинамики. Общие понятия и определения. Идеальные газы. Реальные газы. Основные термодинамические параметры состояния. Термодина-	18	1-14

мическое равновесие. Основные законы идеальных газов. Смесь идеальных газов. Основные свойства газовых смесей. Газовая постоянная смеси газов. Парциальные давления. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса Первый закон термодинамики. Теплоемкость газа. Термодинамические процессы идеальных газов. Закон сохранения и превращения энергии. Обратимые и необратимые процессы. Аналитическое выражение закона первого закона термодинамики. Массовая, объемная и мольная теплоемкости газа. Общие вопросы исследования термодинамических процессов.		
Второй закон термодинамики. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Максимальная работа. Эксергия.	18	1-14
Водяной пар. Основные термодинамические процессы водяного пара. Основные параметры влажного насыщенного водяного пара. Основные параметры перегретого пара. Энтропия воды и водяного пара. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара.	18	1-14
<b>5 семестр</b>		
Влажный воздух. Компрессоры. Циклы Плотность, газовая постоянная и энтальпия влажного воздуха. Многоступенчатый компрессор.	18	1-14
Компрессоры динамические и объемные. Параметры работы компрессоров. Сравнение процессов сжатия в компрессорах. Диаграммы процессов сжатия	22	1-14
Циклы двигателей внутреннего сгорания и построение диаграмм в координатах давление-объем и температура-энтропия. Сравнение термического КПД различных циклов.	22	1-14
Циклы паросиловых установок энергетических и теплофикационных. Парогазовый цикл. Построение циклов в координатах давление-объем и температура-энтропия. Дросселирование газов и паров. Дросселирование, или мятие, водяного пара.	22	1-14
Истечение газов и паров. Истечение газов с учетом трения. Смещение газов. Циклы умеренного и глубоко охлаждения. Параметры работы холодильных установок	24	1-14
Контроль	36	

**Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом**

**Курсовая работа не предусмотрена учебным планом**

### **Образовательные технологии**

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций в аудитории с использованием ПК и компью-

терного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Лабораторные работы проводятся на лабораторных установках. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

### **Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
2	Законы термодинамики	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Коллоквиум
3	Термодинамические процессы	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Коллоквиум
<b>Промежуточная аттестация</b>			
4	Зачет	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Вопросы к зачету (устно)
5	Процессы в нагнетателях и двигателях	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Коллоквиум
6	Процессы получения теплоты и холода	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Коллоквиум
7	Экзамен	ПК-1, ПК-5, ПК-15	Вопросы к экзамену (устно)

#### **Вопросы входного контроля.**

1. Основные определения термодинамики
2. Внутренняя энергия и ее изменения
3. Изобарный процесс
4. Изотермический процесс
5. Изохорный процесс
6. Тепловой эффект химической реакции
7. Теплостойкость химической реакции
8. Скорость химической реакции
9. Химическое равновесие. Константа химического равновесия
10. Смещение химического равновесия

#### **Вопросы к промежуточному тестированию**

##### **Коллоквиум №1**

1. Предмет технической термодинамики.

2. Общие понятия и определения.
3. Идеальные газы.
4. Реальные газы.
5. Основные термодинамические параметры состояния.
6. Термодинамическое равновесие.
7. Основные законы идеальных газов.
8. Смесь идеальных газов.
9. Основные свойства газовых смесей.
10. Газовая постоянная смеси газов.

### **Вопросы к промежуточному тестированию**

#### **Коллоквиум №2**

1. Парциальные давления.
2. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса
3. Первый закон термодинамики.
4. Теплоемкость газа.
5. Термодинамические процессы идеальных газов.
6. Закон сохранения и превращения энергии.
7. Обратимые и необратимые процессы.
8. Аналитическое выражение закона первого закона
9. Понятие энтальпии.
10. Внутренняя энергия газа

### **Вопросы к промежуточному тестированию**

#### **Коллоквиум №3**

1. Компрессоры динамические.
2. Компрессоры объемные.
3. Параметры работы компрессоров.
4. Сравнение процессов сжатия в компрессорах.
5. Диаграммы процессов сжатия
6. Циклы двигателей внутреннего сгорания
7. Построение диаграмм в координатах давление-объем
8. Построение диаграмм в координатах температура-энтропия.
9. Термический КПД бензинового двигателя..
10. Термический КПД дизельного двигателя.

### **Вопросы к промежуточному тестированию**

#### **Коллоквиум №4**

1. Циклы паросиловых установок энергетических.
2. Циклы паросиловых установок теплофикационных.
3. Парогазовый цикл.
4. Построение циклов в координатах давление-объем.
5. Построение циклов в координатах температура-энтропия.
6. Дросселирование газов и паров.
7. Дросселирование, или мятие, водяного пара.
8. Циклы умеренного охлаждения.
9. Циклы глубокого охлаждения.
10. Параметры работы холодильных установок.

**Вопросы к собеседованию (к зачету):**

1. Предмет и методы технической термодинамики. Общие понятия и определения.
2. Понятия термодинамического процесса и термодинамической системы.
3. Основные термодинамические параметры состояния.
4. Термодинамическое равновесие.
5. Основные параметры состояния идеальных газов. Уравнения состояния идеальных газов.

Основные законы идеальных газов.

6. Свойства реальных газов.
7. Смесь идеальных газов. Основные свойства газовых смесей.
8. Газовая постоянная смеси газов. Парциальные давления.
9. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса
10. Понятия внутренней энергии и работы расширения газа. Первый закон термодинамики
11. Аналитическое выражение работы процесса.
12. Понятия энтальпии и энтропии.
13. Обратимые и необратимые процессы.
14. Основные положения второго закона термодинамики.
15. Круговые термодинамические процессы, или циклы.
16. Теорема Карно.
17. Свойства обратимых и необратимых циклов и математическое выражение второго закона

термодинамики.

18. Максимальная работа. Эксергия.
19. Водяной пар. Парообразование, испарение, кипение, конденсация, сублимация и десубли-

мация

20. Процесс парообразования в закрытом сосуде
21. Понятия насыщенного и ненасыщенного пара. Степень сухости пара. Перегретый пар
22. Особенности  $p$ - $v$ -диаграммы водяного пара
23. Теплота парообразования
24. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изохорный процесс
25. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изобарный процесс
26. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Изотермный процесс
27. Основные термодинамические процессы и водяного пара. Адиабатный процесс

**Вопросы к собеседованию (к экзамену):**

1. Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа
2. Сопло и диффузор
3. Располагаемая работа при истечении газа
4. Скорость истечения и секундный расход идеального газа
5. Критическая скорость
6. Сопло Лавалья
7. Дросселирование газов и паров
8. Эффект Джоуля-Томсона
9. Влажный воздух. Насыщенный и ненасыщенный влажный воздух. Общее давление влаж-

ного воздуха.

10. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы
11. Компрессор. Разновидности компрессоров. Одноступенчатый поршневой компрессор
12. Теоретическая индикаторная диаграмма одноступенчатого поршневого компрессора
13. Вредное пространство одноступенчатого поршневого компрессора.
14. Объемный коэффициент полезного действия компрессора, коэффициент наполнения
15. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Общие понятия

16. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме
17. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении
18. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл со смешанным подводом теплоты
- 19 Газотурбинный установки
20. Циклы паротурбинных установок
21. Регенеративный цикл паротурбинной установки
- 22 Циклы атомных электростанций
23. Циклы холодильных установок
25. Циклы абсорбционных холодильных установок
25. Циклы паровой компрессорный холодильной установки

### Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
100-60	<i>«зачтено» - 35 баллов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «зачтено» если он имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.</li> </ul>
59-0	<i>«не зачтено» - 0 баллов</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.</li> </ul>

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (баллы за от- веты на эк- замене)	Требования к знаниям
90-100	<i>«отлично»</i>	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p> <p>Записывает расчетные формулы, объясняет их значение, перечисляет основные законы, записывает математические выражения основных законов.</p>

70-89	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
60-69	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-59	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### Основная литература:

1. Кузнецов, В. Н. Техническая термодинамика : учебное пособие / В. Н. Кузнецов, Н. В. Жданов. — Омск : ОмГУПС, 2014. — 97 с. <https://e.lanbook.com/book/129181>
2. Куликов, А. А. Техническая термодинамика : учебное пособие / А. А. Куликов, И. В. Иванова, И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, [б. г.]. — Часть I : Общие принципы — 2015. — 104 с. <https://e.lanbook.com/book/64132>
3. Общая теплотехника : учебное пособие / И. В. Иванова, А. Ф. Смоляков, А. А. Куликов, И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. — 88 с. <https://e.lanbook.com/book/74024>
4. Техническая термодинамика. Круговые процессы: теория и применение : учебное пособие / А. А. Куликов, И. В. Иванова, А. Ф. Смоляков, И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. — 44 с. <https://e.lanbook.com/book/112724>
5. Еремкин, А. И. Тепловой режим зданий: учебное пособие для вузов / А. И. Еремкин, Т. И. Королева. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 304 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/149299/#2>
6. Крестин, Е.А. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие / Крестин Е.А. — Москва: КноРус, 2018. — 343 с. <https://book.ru/book/930566>

### Дополнительная литература:

7. Круглов, А. Б. Руководство по технической термодинамике с примерами и задачами : учебное пособие / А. Б. Круглов, И. С. Радовский, В. С. Харитонов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 156 с. <https://e.lanbook.com/book/75939>
8. Теплотехника. Практический курс : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова, М. В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. <https://e.lanbook.com/book/96253>
9. Чухин, И. М. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие / И. М. Чухин. — 2-е перераб. и доп. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 248 с. <https://e.lanbook.com/book/154598>
10. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. <https://e.lanbook.com/book/107965>

11. Шаров, Ю. И. Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие / Ю. И. Шаров, О. К. Григорьева. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 40 с. <https://e.lanbook.com/book/152206>
12. Замалеев, З. Х. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 352 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/100922/#3>
13. Теплогазоснабжение и вентиляция : практикум / составители Е. В. Одокиенко. — Тольятти: ТГУ, 2017. — 45 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/140286/#4>
14. Федюнина, Т. В. Основы теплотехники : учебное пособие / Т. В. Федюнина, О. В. Наумова, Д. С. Катков. — Саратов : Саратовский ГАУ, 2019. — 100 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/137512/#3>

## **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия по данной дисциплине проводятся в мультимедийной аудитории № 413.  
Оборудование:

Автоматизированное рабочее место преподавателя:  
процессор - AMD Athlon (tm) 64x2, 3800+2.03GHz  
оперативная память – 4,00Gb..

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначения: MS Windows, MS Office Professional, Kaspersky Security

Комплекс мультимедийный в составе компьютер с колонками, проектор и экран.

Лабораторные и практические занятия проводятся в лаборатории «Теплотехника и термодинамика» (ауд.318).

Оборудование:

Комплект учебно-наглядных пособий и плакатов;

Комплект документации, методическое обеспечение;

Лабораторный стенд ТОТ-ТПБ для испытания различных конструкций теплообменников;

Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ:

1. Определение теплоемкости воздуха;
2. Определение критического диаметра тепловой изоляции;
3. Определение критического перепада давления и критической скорости;
4. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.

Лабораторный стенд «Технология очистки и обезвреживания промышленных выбросов».

Реализация компетентного подхода в процессе изучения дисциплины предполагает организацию интерактивных занятий. Интерактивные занятия проводятся в виде лабораторных занятий, во время которых обучающиеся в непосредственном контакте с преподавателем осваивают практические навыки проведения экспериментальных исследований.

Для изучения дисциплины используются электронные библиотеки:

- электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012620735 от 01.08.2012 г.) без ограничения количества пользователей и без ограничения срока использования ресурсов;

- электронно-библиотечная система «Консультант студента» (общество с ограниченной ответственностью «Политехресурс»). Договор № 12-21-910 от 16.07.2021 г. на предоставление доступа к электронной библиотеке к комплектам «Медицина. Здравоохранение. Базовая коллекция», «Книги издательства «Феникс», «Издательский дом МЭМИ», «Книги издательства «Проспект»: «Иностранные языки»... по 31.08.2022 г.;

- электронно-библиотечная система «Айбукс» (договор № 09-21-910 от 02.07.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;



- электронно-библиотечная система «Лань» (договор № 10-21-910 от 16.07.2021 г. только на книги издательства «Лань») на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- электронно-библиотечная система «Лань» (договор № 11-21-910 от 16.07.2021 г. на книги других издательств-партнёров издательства «Лань») на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» (договор № 13-21-910 от 30.08.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- электронно-библиотечная система «Консультант врача» (договор № 590KB/05-2021 от 01.06.2021 г.) на предоставление доступа по 06.08. 2022 г.;
- электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (договор № 56 от 21.06.2021 г.) на предоставление доступа по 31.08.2022 г.;
- научная электронная библиотека «elibrary» (договор № SU-353/2022 от 14.12.2021 г.) на предоставление доступа по 31.12. 2022 г.
- международный онлайн ресурс ProQuest (договор № 19-21-910 от 18.10.2021 г.) на предоставление доступа по 30.11. 2022 г.

## **Учебно-методические рекомендации для студентов**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

### **2. Указания для участия в практических занятиях**

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

Получить у преподавателя задание на выполнение практического задания, как правило это решение задачи по пройденному лекционному материалу. Решение задачи оформить письменно или выполнить с использованием компьютера и при необходимости распечатать и сдать преподавателю на проверку.

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### **3. Указания для выполнения лабораторных работ**

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Получить задание у преподавателя на выполнение лабораторной работы. Изучить методическое указание по ее выполнению. Выполнить предусмотренные измерения и оформить отчет в письменном виде в соответствии с требованиями методических указаний. Отчет сдать на проверку преподавателю и отчитаться устно, отвечая на вопросы преподавателя.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

#### 4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

#### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения семинарского занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в

курсе.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Подготовить теоретические вопросы или задачи, которые должны выполнить студенты вовремя практического занятия. Подготовить список литературных источников, необходимых для выполнения задания и которые студенты могут получить в библиотеке института. Подготовить перечень интернет-ресурсов, которые помогут в выполнении практического задания. После получения отчет выполнить проверку и на следующем практическом занятии разобрать допущенные ошибки и подсказать, как их необходимо устранить.

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практики задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания для проведения лабораторных занятий

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

Заблаговременно проверить работоспособность лабораторных установок. Наличие методических указаний к проведению лабораторных работ. Подготовить индивидуальное задание по установке режимов работы лабораторных установок для каждого студента, в соответствие со списком студентов.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

## 4. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочую программу составил: доцент



Устинов Н.А.

Рецензент: доцент



Костин Д.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от 31.08.2021 года, протокол №1.

Председатель учебно-методической комиссии



Разуваев А.В.