

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 «Нагнетатели и тепловые двигатели»

### **Направления подготовки**

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

### **Квалификация выпускника**

Бакалавр

### **Форма обучения**

Заочная

## Цель освоения дисциплины

Изучение теоретических и технических основ работы различного типа нагнетателей (насосов, вентиляторов, компрессоров) и тепловых двигателей (паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего и внешнего сгорания), используемых в теплоэнергетической отрасли, особенностей их эксплуатации, принципов выбора типов машин для конкретных энергетических систем обеспечивающих высокую эффективность и надежность работы установок.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 20.001 Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции;
- 20.014 Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучений данной дисциплины: физика, техническая термодинамика, гидрогазодинамика.

В результате изучения этих дисциплин обучающиеся должны получить знания, необходимые для выполнения бакалаврской выпускной квалификационной работы и, впоследствии уметь применять на работе, связанной с обслуживанием тепловых двигателей.

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/05.6 Проведение профилактических мероприятий по предотвращению нарушений в работе оборудования ТЭС, аварий и пожаров (ПС 20.001);
- В/01.6 Разработка инструкций, стандартов и регламентов деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- В/05.6 Ликвидация аварий и восстановление нормального режима функционирования тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы	ПК-2 способен разрабатывать проекты узлов, элементов технологического оборудования в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	З-ПК-2 Знать: методические и нормативные правовые акты по эксплуатации оборудования и коммуникаций; нормы и правила безопасности в области использования атомной энергии; типовые методики расчета; стандартные средства проектирования

	стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике		У-ПК-2 Уметь: анализировать данные измерений параметров и результатов проверок, испытаний оборудования; проводить расчеты в соответствии с техническим заданием и анализировать данные измерений параметров В-ПК-2 Владеть: методологией проектной деятельности и навыками проектирования отдельных деталей и узлов
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
Организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования; контроль соблюдения технологической дисциплины	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-6 способен обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	З-ПК-6 Знать: основы организации производства, труда и управления; нормы техники безопасности и производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда У-ПК-6 Уметь: применять методы оптимизации планирования рабочего времени, расхода материалов, энергии и топлив с учетом требований безопасности В-ПК-6 Владеть: навыками организации производства работ с соблюдением правил безопасности

## Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспи- тательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разнопла- новую внеучебную дея- тельность
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование чувства личной от- ветственности за научно- технологическое развитие России, за результаты исследо- ваний и их послед- ствия (В17)	1.Использование воспи- тательного потенциала дисциплин профессио- нального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих науч- но-технических секторах и фундаментальных ис- следованиях, обеспечи- вающих ее экономиче- ское развитие и внеш- нюю безопасность, по- средством контекстного обучения, обсуждения социальной и практиче- ской значимости резуль- татов научных исследо- ваний и технологических разработок. 2.Использование воспи- тательного потенциала дисциплин профессио- нального модуля для формирования социаль- ной ответственности ученого за результаты исследований и их по- следствия, развития ис- следовательских качеств посредством выполнения учебно- исследовательских зада- ний, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, крити- ческий анализ публика- ций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисципли- нарные научно- исследовательские про- екты.	1.Организация научно- практических конферен- ций, круглых столов, встреч с ведущими специ- алистами предприятий экономического сектора города по вопросам тех- нологического лидерства России.

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 8-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часа.

## Календарный план

№ 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/КСР		
1	1	Нагнетатели (насосы для перемещения жидкостей)	35/1	2	-	2/1	31		
1	2	Нагнетатели (компрессоры для перемещения газов и паров)	47/1	2	-	2/1	40/3	КЛ	25
2	3	Тепловые двигатели (паровые установки)	47/1	2	-	2/1	40/3		
2	4	Тепловые двигатели (газотурбинные установки)	51/1	4	-	4/1	40/3	КЛ	25
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>180/4</b>	<b>10</b>	<b>180/4</b>	<b>10/4</b>	<b>151/9</b>	<b>Э</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
Э	Экзамен

## Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Лекция 1 <i>Насосы для перемещения жидкостей</i> 1.Центробежные насосы. 2.Формы рабочих колес. 3.Коэффициент быстроходности. 4.К.п.д. и мощность центробежных насосов. 5.Характеристики центробежных насосов. 6.Способы регулирования насосов. 7.Допустимая высота всасывания Явление кавитации.	2	1-5
Лекция 2 <i>Компрессоры для перемещения газов и паров</i> 1.Свойства турбокомпрессоров. 2.Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров. 3.Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.	2	1-5

4.Работа компрессора на сеть. 5.Явление помпажа 6.Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования. 7.Группы сетевых потребителей.		
Лекция 3 <i>Паровые установки</i> 1.Циклы паровых установок. 2.Характеристики паровых турбин. 3.Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. 4.Регулирование турбин. 5. Потери энергии в проточной части турбин	2	1-5
Лекция 4 <i>Газотурбинные установки</i> 1.Циклы газотурбинных установок. 2.Характеристики газовых турбин. 3.Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. 4.Регулирование газовых турбин. 5 Потери энергии в проточной части газовых турбин 6. Когенерационные установки на базе известных типов тепловых двигателей	4	1-5

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<i>Насосы для перемещения жидкостей</i> 1.Расчет параметров поршневого насоса 2.Расчет параметров центробежного насоса. 3.Построение скоростной характеристики центробежных насосов. 4.Построение диаграммы последовательной работы центробежных насосов. 5.Расчет допустимой высоты всасывания.	2	1-5
<i>Компрессоры для перемещения газов и паров</i> 1.Расчет параметров поршневого компрессора 2.Расчет параметров центробежного вентилятора. 3.Построение напорной характеристики центробежных компрессоров. 4.Построение диаграммы параллельной работы центробежных вентиляторов.	2	1-5
<i>Паровые установки</i> 1.Расчет цикла паровой энергетической установки. 2. Расчет цикла паровой теплофикационной установки. 3.Энергетический расчет паровой турбины. 4.Расчет расхода различных топлив на паровую турбину. 5. Расчет потери энергии в проточной части турбин	2	1-5
<i>Газотурбинные установки</i> 1.Расчет цикла газовой турбины со сгоранием при постоянном объеме. 2. Расчет цикла газовой турбины со сгоранием при постоянном давлении 3.Энергетический расчет газовой турбины. 4.Расчет парогазовой установки. 5. Расчет потери энергии в проточной части турбин 6. Расчет теплового баланса когенерационной установки	4	1-5

## Перечень лабораторных работ – не предусмотрен учебным планом

### Задания для самостоятельной работы студентов

Задания, вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<p>Компрессоры объемного и кинетического типов. Преимущества и недостатки отдельных типов машин.</p> <p>Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров.</p> <p>Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров.</p> <p>Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.</p> <p>Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа.</p> <p>Явление помпажа. Меры против помпажа.</p> <p>Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования.</p> <p>Группы сетевых потребителей.</p> <p>Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками на всасе и поворотными лопатками диффузора. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров.</p>	31	1-5
<p>Центробежные насосы. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов.</p> <p>К.п.д. и мощность центробежных насосов.</p> <p>Характеристики центробежных насосов.</p> <p>Способы регулирования насосов.</p> <p>Допустимая высота всасывания.</p> <p>Явление кавитации.</p> <p>Критическая высота всасывания.</p>	40	1-5
<p>Циклы тепловых двигателей и установок.</p> <p>Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей.</p> <p>Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель тирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки.</p> <p>Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.</p> <p>Возможности их совместного использования. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.</p> <p>Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбо-</p>	40	1-5

машин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форм. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).		
Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме. Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины.	40	1-5

### Контрольная работа

Задание на выполнение контрольной работы выдается согласно методическому пособию «Нагнетатели и тепловые двигатели» [5].

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

**Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.**

### 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.

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.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций в аудиториях с использованием ПК и компьютерного 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

### 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
Входной контроль			



1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Нагнетатели (насосы и компрессоры)	ПК-2, ПК-5, ПК-6,	Коллоквиум
3	Тепловые двигатели (паровые и газовые турбины)	ПК-2, ПК-5, ПК-6,	Коллоквиум
Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	ПК-2, ПК-5, ПК-6,	Вопросы к экзамену (Письменно)

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в письменной форме.

### **Вопросы входного контроля**

1. Что называют теплотой.
2. Что называют работой.
3. Какое условие термодинамики необходимо для превращения теплоты в работу.
4. Понятие жидкости. Какие бывают.
5. Для чего нужны насосы.
6. Принцип работы центробежного вентилятора.
7. Что называют двигателем.
8. Какие типы двигателей вам известны.
9. Принцип работы поршневого двигателя.
10. Принцип работы турбинного двигателя

### **Вопросы к промежуточному тестированию**

#### **Коллоквиум №1**

1. Параметры работы насоса.
2. Характеристика насоса напор-подача.
3. Скоростная характеристика насоса.
4. КПД и мощность насоса.
5. Что называют вентилятором.
6. Что называют компрессором.
7. Классификация вентиляторов и компрессоров.
8. Центробежные вентиляторы.
9. Характеристика вентилятора напор-подача
10. Скоростная характеристика.
11. Характеристика вентилятора КПД-мощность
12. Универсальная характеристика вентилятора.
13. Пересчет скоростной характеристики вентилятора.
14. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике
15. Вентиляторы дутьевые – устройство и назначение.
16. Дымососы – устройство и назначение.
17. Осевые вентиляторы – устройство и назначение.
18. Схемы вентиляторов и их анализ.
19. Назначение регулирования вентиляторов.
20. Виды регулирующих устройств и их сравнение

## **Вопросы к промежуточному тестированию**

### **Коллоквиум №2**

1. Паровые турбины и их особенности.
2. Цилиндр турбины и его назначение.
3. Устройство лопаток турбины.
4. Назначение диффузора турбины
5. Газовые турбины и их особенности.
6. Потери энергии в проточной части турбин
7. Характеристики турбин.
8. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.
9. Назначение регулирования турбин.
10. Способы регулирования турбин.
11. Индикаторная мощность турбины.
12. Эффективная мощность турбины.
13. Виды КПД турбины.
14. Диаграмма процессов цикла паровой турбины в координатах температура-энтропия
15. Диаграмма процессов цикла газовой турбины со сгоранием при постоянном давлении в координатах давление-объем.

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

1. Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия.
2. Виды тепловых двигателей.
3. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла.
4. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности.
5. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования.
6. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
7. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате. Активный и реактивный принципы.
8. Уравнение сохранения энергии для турбомашин.
9. Уравнение неразрывности.
10. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах.
11. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).
12. Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС.
13. Газовые турбины и их особенности.
14. Потери энергии в проточной части турбин.
15. Сопловые аппараты турбин.
16. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
17. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения.
18. Типы профилей.
19. Анализ движения газа в сопловом аппарате.
20. Дозвуковое и сверхзвуковое течения. Определение угла выхода потока, формула Бэра.

21. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах.
22. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными.
23. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
24. Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. К.п.д. ступеней в зависимости от Хад.

Характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики.

25. Регулирование паровых турбин.
26. Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа.
27. Компрессоры кинетического типа.
28. Свойства турбокомпрессоров.
29. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки.
30. Степень реактивности турбокомпрессора.
31. Статический и динамический напоры машины.
32. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.
33. Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования.
34. Регулирование турбокомпрессоров при постоянном числе оборотов.
33. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
35. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов.
36. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
37. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками на всасе и поворотными лопатками диффузора.
38. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров.
39. Характеристики центробежных насосов.
40. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки.
41. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации.
42. Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема.
43. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы.
44. Давление создаваемое вентилятором.
45. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы.
46. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины

## Шкалы оценки образовательных достижений

экзамен

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (баллы за от- веты на экза- мене)	Требования к знаниям
90-100	«отлично»	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 вы-

		полнения практических задач. Записывает расчетные формулы, объясняет их значение, перечисляет основные законы, записывает математические выражения основных законов.
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. Андрейко, Н. Г. Введение в энергетику : учебное пособие / Н. Г. Андрейко. — Краснодар : КубГТУ, 2019. — 175 с. <https://e.lanbook.com/book/151191>
2. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / С. А. Наумов, Е. В. Хаустова, А. В. Садчиков, В. Ю. Соколов. — Оренбург : ОГУ, 2015. — 108 с. <https://e.lanbook.com/book/97995>

### Дополнительная литература:

3. Белкин, А. П. Диагностика теплоэнергетического оборудования : учебное пособие / А. П. Белкин, О. А. Степанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 240 с. <https://e.lanbook.com/book/139255>
4. Примеры расчетов термодинамических циклов тепловых двигателей : учебно-методическое пособие / составители К. Н. Илюхин, Л. А. Пульдас. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2018. — 55 с. <https://e.lanbook.com/book/138243>

### Учебно-методические пособия

5. Нагнетатели и тепловые двигатели [Текст] : метод. указ. к вып. контр. раб. по дисц. "Нагнетатели и тепловые двигатели" для студ. напр. "Теплоэнергетика и теплотехника" заоч. и заочной ускоренной форм обуч. / сост.: Денисенко И. П., Устинов Н. А. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. - 16 с.

## Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории № 411.

Оборудование:

Автоматизированное рабочее место преподавателя:

процессор – AMD Athlon (tm) Пх2215, 2,70GHz; оперативная память - 4Gb.

Комплекс мультимедийный в составе компьютер с колонками, проектор мультимедийный Casio XJ-V2, экран; микрофон;

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначе-

ния.

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

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.

### **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 методиче-

ское 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. Опре-

делить 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 соответствии 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.

Председатель учебно-методической комиссии Разуваев А.В.