

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**«Утверждаю  
Директор ИДДО  
\_\_\_\_\_ Т.А. Шиндина**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ  
ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**

**Направление подготовки:  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Магистерские программы**

**ТЭС**

**«Согласовано»:**

**Зав. кафедрой ТЭС  
профессор**

**\_\_\_\_\_ Рогалев Н.Д.**

**Москва, 2020 год**

## 1. Техническая термодинамика

Техническая термодинамика как теоретическая основа систем энергообеспечения (теплотой, электроэнергией и холодом). Термодинамическая система, параметры состояния, функции состояния и функции процесса, равновесные и неравновесные процессы.

Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Виды работ термомеханической системы. Первый закон термодинамики для стационарного потока массы.

Второе начало термодинамики. Формулировки и аналитическое выражение. Обратимые и необратимые процессы. Определение энтропии. КПД прямого цикла Карно и теоретический холодильный коэффициент цикла Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропийный метод термодинамического анализа.

Определение эксергии. Потери эксергии. Формула Гюи -Стодола. Эксергетический КПД. Эксергетический метод термодинамического анализа.

Фазовое равновесие и фазовые переходы. Фазовая  $p, T$  - диаграмма. Правило фаз Гиббса. Полные  $TS$ ,  $PV$  и  $PT$  диаграммы для нормальных веществ. Обратимые изотермический, изобарный, изохорный и адиабатный процессы реального вещества в  $PV$ ,  $TS$ ,  $PT$  и  $hS$  диаграммах. Процесс адиабатного дросселирования.

Тепловая теорема Нернста. Гипотеза Планка. Третий закон термодинамики и его следствия.

Принципиальная схема паротурбиной установки. Цикл в  $p, v$  и  $T, s$  диаграммах. Термический и внутренний КПД цикла. Влияние  $P, T$  - параметров теоретического цикла на КПД и мощность ПТУ.

Теоретический цикл и принципиальная схема ГТУ. Действительный цикл ГТУ и влияние начальных температуры и давления газа на его эффективность.

Бинарный парогазовый цикл с котлом-утилизатором. Термический КПД парогазовой установки.

Цикл и схема парокомпрессионного теплового насоса. Коэффициент преобразования теплоты и мощность приводного электродвигателя.

## 2. Тепломассообмен

Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.

Стационарные задачи теплопроводности. Перенос теплоты в плоской и цилиндрической однослойной и многослойной стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Теплопередача через стенку. Термические сопротивления. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопроводность тел с внутренними источниками теплоты.

Нестационарные задачи теплопроводности.

Конвективный теплообмен: качественное описание процессов конвективного теплообмена, безразмерные комплексы: числа Рейнольдса, Грасгофа, Релея, Пекле, Нуссельта, Стантона. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля; расчетные формулы для коэффициента теплоотдачи в условиях внутренней и внешней задачи.

Теплообмен при фазовых превращениях (конденсация, кипение). Особенности гидродинамики и теплообмена при кипении в трубах. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода.

Теплообмен излучением в диатермичной и излучающе-поглощающей средах.

Теплообменные аппараты. Понятие о тепло-гидравлическом расчёте рекуперативных, теплообменных аппаратов.

Экспериментальное исследование процессов теплообмена.

### 3. Котельные установки

Типы паровых котлов, основные элементы паровых котлов. Основные тракты паровых котлов. Физико-химические свойства и теплотехнические характеристики энергетических топлив и организация их сжигания. Топочные устройства и особенности их работы, методы снижения уровня образования вредных продуктов сгорания в зоне горения. Экономичность работы паровых котлов. Методика теплового расчета парового котла. Процессы, происходящие на внешней стороне поверхностей нагрева. Принципы регулирования температуры пара. Впрыскивающие и поверхностные пароохладители и места их установки. Тепловой баланс парового котла, определение КПД и расхода топлива. Характеристика тепловых потерь.

Тепловые характеристики топочных камер (определяющие температуры и тепловые напряжения). Связь размеров топочной камеры с тепловыми напряжениями. Виды горелочных устройств и их размещение на стенах. Принцип работы вихревых и прямоточных горелок. Организация твердого и жидкого шлакоудаления. Особенности топок для сжигания природного газа и мазута. Виды экранирования топочных камер. Радиационный теплообмен в топках, определение размера тепловоспринимающей поверхности.

Принципы выполнения ширмовых и змеевиковых поверхностей, конструкции воздухоподогревателей. Виды загрязнения и коррозии поверхностей, влияние загрязнений на тепловой режим работы. Методы очистки поверхностей котла.

Виды каркаса котлов малой и большой мощности. Обмуровка и теплоизоляция в барабанных и прямоточных котлах. Профиль котла (понятие) и компоновка поверхностей нагрева. Распространенные виды профилей (П- и Т-образный, башенный), их связь с видом сжигаемого топлива и мощностью котла.

Назначение и конструктивное выполнение водогрейных котлов. Паровые котлы с циркуляционным кипящим слоем, котлы-утилизаторы для парогазовых установок на два уровня давления.

### 4. Паротурбинные установки электростанций

Параметры паротурбинных установок, их влияние на экономичность ТЭС. Типы паровых турбин, их маркировки и классификация. Процессы в турбинных ступенях. Переменные режимы работы турбоустановок, закон Стодоль-Флюгеля; маневренность, холостой ход турбоагрегата; моторный режим; режим горячего вращающегося резерва.

Способы парораспределения паровых турбин: дроссельное парораспределение; сопловое парораспределение; обводное парораспределение; выбор системы парораспределения; регулирование мощности турбоагрегатов способом скользящего давления. Пуск турбин из различных состояний. Работа турбин на влажном паре, влияние влажности на характеристики турбинной ступени. Сепарация влаги в проточной части турбин. Конденсационные установки паровых турбин. характеристика конденсатора и переменный режим его работы; воздухоотсасывающие устройства; особенности эксплуатации конденсационной установки.

Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности турбинной ступени; относительный лопаточный КПД ступени; двухвенечные ступени скорости.

Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования.

Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин. Особенности паровых турбин для ПГУ ТЭС.

## **5. Тепловые электрические станции**

Типы тепловых электростанций. Технологические схемы паротурбинных ТЭС. Тепловые схемы паротурбинных ТЭС. Элементы принципиальных тепловых схем, назначение и принцип работы. Показатели экономичности, способы повышения тепловой экономичности паротурбинных ТЭС. Начальные и конечные параметры пара, промежуточный перегрев пара на паротурбинных ТЭС. Регенеративный подогрев конденсата и питательной воды. Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии на ТЭЦ, экономия топлива на ТЭЦ. Расход топлива на выработку электроэнергии и теплоты на паротурбинных ТЭЦ, проблемы определения. Особенности характеристик ТЭЦ. Схемы отпуска теплоты на ТЭС, графики тепловых нагрузок. Воздействие ТЭС на окружающую среду. Техническое водоснабжение, источники и системы водоснабжения, их сравнение. Топливное хозяйство электростанции. Графики электрических нагрузок, режимы работы ТЭС. Компоновка главного корпуса паротурбинных ТЭС и генплан. ГТУ открытого типа. Цикл Брайтона. Основные характеристики энергетических ГТУ. Типы тепловых схем ПГУ и ГТУ ТЭС: назначение элементов, принцип работы. Парогазовые установки - состав и показатели экономичности ПГУ. Газотурбинные ТЭЦ – особенности тепловых схем и способов отпуска теплоты.

Нетрадиционные источники для выработки электроэнергии и теплоты, их сущность и характеристика.

## **6. Водоподготовка на ТЭС**

Классификация и характеристика примесей природных вод. Основные показатели качества вод. Физико-химические основы процессов осаждения. Механическое фильтрование: применение для подготовки воды на ТЭС. Механическое фильтрование: физико-химические основы процесса. Технология предварительной очистки воды. Технология ионного обмена. Химическое обессоливание воды. Схемы обессоливания и области их применения. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования в фильтре смешанного действия. Коррозия оборудования ТЭС и методы коррозионной защиты. Конденсатоочистка в составе тепловых схем ТЭС и АЭС. Растворимость газов и термическая деаэрация воды. Классификация и конструкция пленочных, струйных, барботажных и комбинированных деаэраторов. Включение деаэраторов в тепловые схемы ТЭС и теплоснабжения. Дегазация конденсата, питательной и добавочной воды. Химические методы связывания растворенного в воде кислорода. Технология применения декарбонизаторов. Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды. Стоки электростанций и технологии их обезвреживания. Применение термической водоподготовки на ТЭС.

## **7. Метрология, теплотехнические измерения. Теория автоматического управления**

Методы измерений. Средства измерений. Общие принципы построения цифровых средств измерения. Метрологические характеристики.

Классификация погрешностей и их количественная оценка. Обработка результатов измерений. Оценка погрешностей технических измерений.

Измерение температуры. Измерение давления. Измерение расхода. Измерение уровня. Анализ состава жидкостей и газов.

Основные понятия управления. Технические системы управления. Автоматизированные системы управления (АСУ), виды АСУ. Автоматические системы регулирования (АСР). Цели и принципы автоматического управления и регулирования.

Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем. Структурные схемы систем управления.

Модели физических систем. Статический и динамический режимы динамических систем. Математический аппарат анализа и синтеза линейных динамических систем. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем.

Передаточные функции и частотные характеристики. Структурные схемы систем управления. Типовые звенья и их соединения; типовые алгоритмы регулирования.

## 8. Литература

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика, 5-е изд. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
2. Александров А.А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: справочник / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 226 с.
3. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. –4-е изд. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 287 с.
4. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, Изд. 2. 2006. – 158 с.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981. - 416 с.
6. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 550 с., ил.
7. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов, В.Д.Буров, Е.В.Дорохов, Д.П.Елизаров и др. Под ред. В.М.Лавыгина, А.С.Седлова, С.В.Цанева. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
8. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
9. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1987.
10. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: -М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2005.
11. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов. М., А.Е. Булкин, А.Д. Трухний: - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
12. Щегляев А.В. Паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1993.
13. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.-6-е изд., перераб.- М.: Издательство МЭИ, 2001.
14. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник Под общ.ред. А.В.Клименко и В.М.Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2007.
15. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС, уч. пособие. М.: Изд. дом МЭИ, 2008. 270 с.
16. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. 2-е изд. М.: Издательство МЭИ, 2005.
17. Сергеев А. Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация. Учебное пособие. –Изд. 2-е, -М.: Логос, 2009.
18. Ротац В.Я. Теория автоматического управления. М.: Издательство МЭИ, 2004. - 400 с.
19. Панько М.А. Расчет и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad. М.: Издательство МЭИ, 2004. - 112 с.
20. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 310 с.: ил.

**Адреса сайтов в Интернете, содержащих информацию по программе испытаний**

<http://www.mpei.ru/MainPage.asp>

[http://twt.mpei.ac.ru/;](http://twt.mpei.ac.ru/)

[www.vpu.ru;](http://www.vpu.ru;)

[www.wsp.ru](http://www.wsp.ru)