

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

**«Утверждаю»
Директор ИТАЭ**

_____ **Дедов А.В.**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**

**Направление подготовки:
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Магистерские программы

**ТЭС: схемы, системы и агрегаты
Теоретические основы теплотехники
Технология воды и топлива в энергетике
Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных
электрических станций**

«Согласовано»:

**Зав. кафедрой ТЭС
профессор**

_____ **Рогалев Н.Д.**

**Зав. кафедрой ТОТ
доцент**

_____ **Орлов К.А.**

**Зав. кафедрой АСУТП
профессор**

_____ **Черняев А.Н.**

Москва 2020

1. Техническая термодинамика

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.

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. Компонировка 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

Водный баланс ТЭС и АЭС. Оценка потребности в воде ТЭС и АЭС. Выбор источника водоснабжения. Водный баланс водоподготовительной установки. Водный баланс системы охлаждения конденсатора. Определение производительности водоподготовительной установки.

Классификация и характеристика примесей природных вод. Поступление примесей в природную воду. Показатели качества воды.

Методы очистки воды на ТЭС и АЭС. Очистка воды методами осаждения. Очистка воды методами фильтрования. Очистка воды методами ионного обмена. Очистка воды термическими методами. Очистка воды от растворенных газов.

Оборудование водоподготовительной установки. Фильтры осветлители. Механические фильтры. Ионообменные фильтры. Испарители. Декарбонизаторы. Деаэраторы.

Схемы обессоливания и области их применения. Конденсатоочистка в составе тепловых схем ТЭС и АЭС.

Коррозия оборудования ТЭС и методы коррозионной защиты.

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. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование ТЭС

Тепломеханическое и вспомогательное оборудование ТЭС. Регенеративные подогреватели ТЭС, их типы, требования, предъявляемые к подогревателям ТЭС. Расчёт и причины недогрева. Определение температурных напоров и конечных разностей температур в подогревателях. Тепловой расчёт поверхностных подогревателей,

определение конструктивных характеристик, компоновки трубных пучков. Конструктивная схема ПВД, схема включения зон подогрева воды, схемы движения воды и пара, уравнения теплового баланса зон подогрева, график изменения температур. Преимущества и недостатки смешивающих ПНД. Испарители: назначение, преимущества и недостатки, схемы включения, конструктивные характеристики. Получение чистого пара в испарителях. Арматура ТЭС: классификация, схемы, преимущества и недостатки, область применения. Насосы ТЭС: классификация, назначение, параметры и характеристики лопастных насосов. Работа насоса на сеть. Параллельная и последовательная работа насосов. Регулирование подачи насосов. Струйные насосы: назначение, схема и принципы работы. Тягодутьевые машины ТЭС: типы, характеристики. Способы регулирования, сравнение их экономичности. Схемы рабочих колёс радиальных и осевых ТДМ. Основное уравнение турбонагнетателей.

9. 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. Тепломассообмен: 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. Ротач 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://twi.mpei.ac.ru/>;

www.vpu.ru;

www.wsp.ru