

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

**«Утверждаю»**  
**И.о. директора ЭнМИ**  
\_\_\_\_\_ **И.В. Меркурьев**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**  
**ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**  
**(профильная часть)**

**Направление подготовки:**  
**13.04.03 Энергетическое машиностроение**

**Москва, 2019 год**

## **Базовая часть**

### **1.1 КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ**

Типы кристаллических решеток и их основные характеристики. Анизотропия. Полиморфизм. Механизм и основные этапы кристаллизации. Энергетические условия процесса кристаллизации. Теоретическая температура кристаллизации. Взаимосвязь между параметрами кристаллизации. Зависимость критического размера зародыша от степени переохлаждения. Кристаллическое строение слитков. Дефекты кристаллической решетки. Типы точечных дефектов. Линейные дефекты – дислокации. Типы дислокаций. Упрочнение при холодной пластической деформации. Поверхностные и объемные дефекты. Влияние дислокаций на прочность металлов. Строение сплавов. Твердые растворы внедрения и замещения.

Испытания на растяжение. Диаграммы растяжения для пластичных и хрупких металлов. Определение характеристик прочности и пластичности. Испытания на твердость. Испытания на ударный изгиб. Порог хладноломкости.

### **1.2 ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ**

Методы построения диаграмм состояния. Правило фаз. Правила отрезков. Диаграммы состояния I-IV типов. Кривые охлаждения для различных сплавов диаграмм. Связь между диаграммами состояния и свойствами сплавов – диаграммы Курнакова.

Общие принципы построения диаграммы «железо-цементит». Аллотропические модификации железа. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом, их свойства. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.

### **1.3 ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Диффузионное и бездиффузионное превращения аустенита. Изотермическое превращение аустенита. Возврат и рекристаллизация. Отжиг первого рода (рекристаллизационный, диффузионный). Отжиг второго рода. Закалка. Выбор температуры нагрева стали под закалку. Виды закалки. Закаливаемость стали. Отпуск. Виды отпуска. Превращения в структуре стали при отпуске.

### **1.4 КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

Состав и маркировка углеродистых сталей. Примеси и их влияние на свойства стали. Виды чугунов, их состав, строение и маркировка. Влияние примесей и структуры чугунов на их свойства.

Легированные стали. Распределение легирующих элементов в сталях, их влияние на полиморфизм железа и свойства. Влияние легирующих элементов

на диаграмму изотермического распада аустенита. Классификация легированных сталей по микроструктуре после нормализации.

Сплавы на основе меди (бронзы и латуни). Состав, свойства и маркировка сплавов. Сплавы на основе алюминия (деформируемые неупрочняемые, деформируемые упрочняемые, литейные). Маркировка сплавов. Термическая обработка деформируемых упрочняемых сплавов.

## **Вариативная часть**

### **Магистерская программа: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе**

#### **1. Содержание теоретических разделов дисциплины**

Роль и место ТЭС в выработке теплоты и электроэнергии. Понятия: котельная установка, паровой котел, параметры назначения. Типы котлов, особенности организации рабочего процесса, классификация, область применения, сравнительные характеристики. Краткий экскурс в историю развития котельной техники. Влияние уровня давления перегретого пара на конструкцию котла. Маркировка котлов. ГОСТ 3619-89 на паровые котлы. Основные заводы-изготовители и отраслевые институты.

Существующие типы реакторов и парогенераторов АЭС. Особенности, преимущества и недостатки. Ядерное топливо. Замедлители, их свойства.

Понятие о технологической схеме получения теплоты и пара на ТЭС, тракты котла: воздушный, газовый водопаровой. Специфика работы котла под наддувом и с уравновешенной тягой. Влияние степени газоплотности котла на его конструкцию. Основные элементы котла по трактам: воздухоподогреватели, нагревательные, испарительно-нагревательные и пароперегревательные поверхности нагрева.

Характеристики потоков обогреваемых теплоносителей – воды, пароводяной смеси, пара, воздуха. Продукты сгорания и их характеристики: температура, коэффициент избытка воздуха, объем, энтальпия. Энергетическое топливо. Состав топлива, горючие элементы.

Расчетная теплота сгорания топлива. Составляющие тепловых потерь и КПД котла. Теплота, затрачиваемая на нагрев рабочего тела. Полный и расчетный расходы топлива.

Нормативный метод теплового расчета паровых котлов. Поверочный и конструкторский расчеты: цели и задачи, специфика, исходные данные.

Виды теплообмена в котлах и сопровождающие их процессы. Расчет теплообмена в топках: основные уравнения и факторы, влияющие на теплообмен в топках котлов.

Балансовые уравнения по газам и рабочему телу, уравнения теплопередачи в ширмовых и конвективных поверхностях нагрева. Определение геометрических характеристик поверхностей. Расчет скоростей потоков теплоносителей. Определение коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и температурного напора. Методика поверочного теплового расчета различных поверхностей нагрева котла. Понятие о конструкторском расчете.

#### **2. Содержание практических заданий**

Определение КПД котла и расхода топлива. Адиабатная температура горения. Влияние на нее различных факторов, её определение.

Классификация поверхностей нагрева котла с точки зрения теплообмена. Котлы и их классификация. Котлы с естественной циркуляцией. Преимущества и недостатки. Прямоточные котлы. Преимущества и недостатки. Поверочный тепловой расчет топки. Поверочный тепловой расчет поверхностей нагрева.

# Магистерская программа: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

## 1. Содержание теоретических разделов дисциплины

Типы тепловых электростанций. Общее представление о тепловой электростанции. Основное оборудование ТЭС.

Цикл простой ГТУ и ее основные характеристики. Удельная работа расширения и сжатия ГТУ. Коэффициент полезной работы ГТУ. Удельная полезная работа ГТУ. Оптимальная степень сжатия по полезной работе и КПД ГТУ. Влияние температуры газа и воздуха на экономичность ГТУ.

Понятие о паросиловой, паропроизводящей и паротурбинной установках. Термодинамический цикл паросиловой установки. Паротурбинные установки: конденсационные, теплофикационные и с противодавлением.

Устройство, схема и принцип работы ПСУ. Тепловые циклы паротурбинных установок. Термодинамические процессы в элементах ПТУ. Показатели тепловой экономичности паровых турбин и турбоустановок. Влияние начальных значений давления и температуры на термический и абсолютный внутренний КПД цикла ПТУ. Влияние конечного давления на термический и абсолютный внутренний КПД цикла ПТУ. Роль и назначение промежуточного перегрева пара в ПТУ. Его влияние на КПД ПТУ. Раздельная и комбинированная выработка электроэнергии и тепла. Термодинамическое преимущество комбинированной выработки. Коэффициент использования топлива. Регенеративный подогрев питательной воды.

Производство электроэнергии на атомных электростанциях. Преимущества и недостатки АЭС по сравнению с ТЭС. Ресурсы, потребляемые АЭС, ее продукция и отходы производства. Тепловые схемы турбинных установок АЭС. Выбор начальных параметров пара АЭС. Сепарация и промежуточный перегрев.

Сравнительный анализ энергетических установок различного типа. Достигнутый уровень экономичности энергетических установок и перспективы их развития.

Геометрические характеристики решеток турбинных ступеней. Профильные потери. Влияние геометрических и режимных параметров на профильные потери. Концевые потери. Влияние геометрических параметров на концевые потери. Способы снижения концевых потерь. Экспериментальное определение потерь в решетке турбомшины. Расширение потока в косом срезе решетки. Расчетное определение предельной расширительной способности косого среза в решетки.

Особенности расчета и конструкции ступеней турбомашин. Ступени скорости: схема ступени, процесс в  $h$ - $s$ -диаграмме, методика расчета

треугольников скоростей, удельная работа, мощность ступени, относительный лопаточный КПД, оптимальное значение параметра  $u/c_{\phi}$ , дополнительные потери, относительный внутренний КПД. Степень реактивности. Сравнение ступеней активного и реактивного типа. Усилия, действующие на рабочие лопатки. Определение высоты сопловых и рабочих лопаток одновенечных ступеней. Степень парциальности. Влияние числа оборотов, диаметра, степени реактивности на оптимальный теплоперепад турбинной ступени. Сравнение характеристик одно- и двухвенечных ступеней скорости. Ступени с длинными лопатками. Изменение параметров по высоте лопаток.

Многоступенчатые турбомашин. Преимущества многоступенчатых турбин. "Возврат" тепла в турбине и "потери" нагрева в компрессорах. Соотношение КПД ступени и многоступенчатой турбомашин. Процесс в  $h$ -диаграмме, определение числа ступеней. Оценка КПД многоступенчатых турбин. Предельная мощность однопоточной турбины. Системы парораспределения, регулирующая ступень. Осевые усилия в многоступенчатых турбомашин и способы их компенсации. Расчет и оптимизация группы ступеней. Регулирующие клапаны. Патрубки. Влияние входных устройств и выходных патрубков на процесс в турбине. Уплотнения.

Высокотемпературные ступени газовых турбин. Определение термодинамических характеристик рабочего тела. Особенности расчета охлаждаемых ступеней: классификация различных систем охлаждения, дополнительные потери, связанные с охлаждением и оценка коэффициентов скорости в решетках. Глубина и эффективность охлаждения.

## **2. Содержание практических занятий**

Расчет ступени скорости. Определение числа ступеней многоступенчатой турбины и распределение теплоперепадов между ними.

Конструкция ступени паровой и газовой турбины. Основные сведения по конструкции паровых турбин.

Многоцилиндровые турбины. Направления потоков пара в отдельных цилиндрах.

Конструкции одновальных энергетических газотурбинных установок простого цикла.

Корпус турбины и компрессора: опирание на раму, разъемы, фланцы, крепление сопловых лопаток, способы организации тепловых расширений, входные и выходные патрубки.

# **Магистерская программа: Производство энергетического оборудования**

## **1. Содержание теоретических разделов дисциплины**

Продукция и её качество. Технический контроль машиностроительной продукции. Классификация видов технического контроля. Неразрушающий контроль изделий. Категории сварных соединений с позиции организации их контроля. Цели и области применения. Физические способы контроля.

Дефекты материалов и сварных соединений. Классификация видов дефектов. Примеры дефектов. Влияние дефектов на эксплуатационные свойства сварных соединений.

Радиационная дефектоскопия (РД). Общая схема метода контроля. Основные виды источников ионизирующего излучения (ИИ), применяемых в дефектоскопии сварных соединений. Рентгеновское излучение. Принцип работы рентгеновской трубки. Энергетический спектр рентгеновского излучения, генерируемого рентгеновской трубкой. Физические основы генерации гамма-излучения и его природа. Распад радиоактивного вещества в электростатическом поле. Закон радиоактивного распада и его характеристики. Нуклиды для промышленной дефектоскопии и их характеристика. Основные характеристики и единицы измерения ионизирующих излучений. Взаимодействие ионизирующего излучения с материалом контролируемого объекта (процессы). Изменение линейного коэффициента ослабления в зависимости от энергии ИИ. Условие выявления дефекта при РД. Основные факторы, влияющие на выявляемость дефекта. Радиография. Схема фотометода радиографии. Схемы просвечивания сварных соединений. Рентгеновская пленка. Структура рентгеновской пленки. Характеристики радиографической пленки. Усиливающие экраны: назначение, разновидности. Чувствительность просвечивания. Эталоны чувствительности. Радиоскопия. Схема метода. Основные преимущества, недостатки. Виды детекторов. Радиометрия. Схема метода. Основные преимущества, недостатки. Виды детекторов. Схемы контроля.

Пьезоэффект. Физические основы генерации ультразвуковых волн (УЗВ). Продольные и поперечные УЗВ. Характеристики УЗВ. Процессы рассеяния и поглощения УЗВ в материале. Факторы, влияющие на интенсивность рассеяния и поглощения. Закон снижения интенсивности звука при прохождении отрезка пути за счет затухания. Явления отражения и трансформации УЗВ на границе раздела двух сред. Первый и второй критический угол. Пьезоэлектрические преобразователи – разновидности, назначение, конструкции. Мертвая зона при ультразвуковом контроле (УЗК). Методы УЗК. Теневой, зеркально-теневой и эхо-импульсный метод. Изменяемые характеристики дефектов при УЗК. Определение условных размеров и координат дефекта. Схемы УЗК стыковых сварных соединений различной толщины. УЗК тавровых, угловых и нахлесточных сварных соединений. Контроль материалов методом акустической эмиссии.

Назначение метода. Явление акустической эмиссии (АЭ). Измеряемые параметры сигналов АЭ. Контроль методом АЭ в промышленных условиях. Преимущества и недостатки метода АЭ.

Характеристики магнитного поля. Ферромагнетизм. Явление магнитного гистерезиса. Магнитопорошковая дефектоскопия (МПД). Физическая основа метода. Формирование магнитного поля рассеяния над дефектом. Границы применения МПД. Чувствительность МПД. Последовательность операций при МПД. Виды намагничивания. Коэрцитиметрия. Понятие коэрцитивной силы. Физическая основа метода коэрцитиметрии. Области применения метода. Метод магнитной памяти металла (МПМ). Физические основы метода МПМ. Магнитоупругий эффект. Параметры, регистрируемые при контроле методом МПМ. Области применения метода.

Физические явления, протекающие при капиллярной дефектоскопии. Классификация методов капиллярного контроля. Схема и основные этапы капиллярного контроля. Чувствительность капиллярного контроля. Этапы контроля, чувствительность и достоверность контроля. Люминесцентная дефектоскопия.

Физические основы методов течеискания. Основные методы выявления течей и их характеристика. Масс-спектрометрический метод. Галогенный метод. Манометрический метод. Пузырьковый метод.

## **2. Содержание практических заданий дисциплины**

- Радиационная дефектоскопия. Методика расчета параметров режима контроля при рентгенографии.
- Магнитопорошковый способ контроля.
- Физические основы и методика ультразвукового контроля.
- Капиллярные методы контроля.
- Контроль сварных соединений на непроницаемость.