

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

«Утверждаю»

Директор ЭнМИ


О.М. Митрохова

Директор ИГВИЭ


Т.А. Шестопалова

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ

Направление подготовки:
13.04.03 Энергетическое машиностроение

Москва, 2026 год

Базовая часть

1.1 ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Классификация жидкостей. Сжимаемость, сплошность, текучесть и вязкость. Различие механики жидкости и механики газа. Модели жидкостей. Силы в жидких средах: поверхностные и массовые.

Элементы гидростатики и кинематики жидкости. Основные уравнения механики сжимаемых и несжимаемых жидкостей (массы, количества движения, момента количества движения и энергии). Уравнения неразрывности и расхода. Дифференциальные и интегральные формы уравнения неразрывности. Уравнения движения для идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Интегралы уравнений движения (интеграл Бернулли). Одномерное движение жидких и газообразных сред. Одномерные течения при различных воздействиях на поток. Истечение жидкостей и газов из отверстий и насадков.

Течение вязкой жидкости. Режимы течения. Число Рейнольдса, его физический смысл. Ламинарное установившееся течение вязкой жидкости в трубах. Особенности турбулентного течения. Турбулентное течение в трубах. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Различные виды местных сопротивлений.

Основные понятия о пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный.

1.2 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

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

1.3 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.

Специальная часть

Магистерская программа: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе

1. Содержание теоретических разделов

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

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_{ϕ} , 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 заданий

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

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. Измеряемые 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

- 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.

Магистерская программа: Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов

1. Содержание теоретических разделов

ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ

Поршневые насосы и гидроцилиндры. Общие понятия и определения. Схема и принцип действия поршневого кривошипного насоса (ПКН). Основные параметры насоса и насосной установки. Расчет клапана, критерии безударной и бесшумной работы клапана. Баланс энергии и коэффициента полезного действия (КПД) ПКН. Объемные потери и коэффициент подачи, баланс мощности ПКН. Пневмогидравлические аккумуляторы и их расчет.

Прямодействующие насосы; схема и принцип действия, основные особенности.

Гидроцилиндры. Классификация, схемы, основные параметры.

Шестеренные насосы (ШН) и гидродвигатели. Схема и принцип действия. Мгновенная теоретическая подача, рабочий объем и средняя теоретическая подача ШН, степень неравномерности подачи.

Роторные радиально-поршневые гидромашины; общие понятия и определения. Классификация роторных гидромашин.

Аксиально-поршневые гидромашины с наклонным диском (АПГМ с НД). Кинематическая схема АПГМ с НД. Средняя и мгновенная подачи АПГМ с НД. Неравномерность подачи АПГМ с НД для нечётного и чётного числа поршней. Силы и моменты, действующие в АПГМ с НД.

Пластинчатые объёмные гидромашины (ПЛГМ) и особенности их конструкции. Средняя и мгновенная подача пластинчатой гидромашини однократного действия. Неравномерность подачи ПЛГМ.

ЛОПАСТНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ

Общая классификация лопастных гидромашин. Изменение механической энергии жидкости в рабочем колесе. Основное уравнение лопастных гидромашин. Приближенная модель течения невязкой жидкости в каналах гидромашин. Уравнения связи циркуляций для различных видов гидродинамических решеток. Теоретические характеристики лопастных насосов и гидротурбин.

Применение метода конформных отображений для решения задач обтекания двухмерных решеток.

Основы теории подобия. Безразмерные комплексы для рабочих параметров гидромашин и их анализ. Постановка задач моделирования.

Лопастные насосы: определение, основные технические параметры, области применения. Кинематика потока в каналах рабочего колеса (РК) в расчётном и нерасчётных режимах.

Рабочий режим насоса. Устойчивая и неустойчивая работа насоса в гидросистеме. Пересчет характеристик с "модели" на "натуру" и при изменении скорости вращения.

Условия и способы обеспечения бескавитационной работы насоса. Коэффициенты кавитации σ и $S_{кр}$.

Определение основных размеров РК центробежного насоса на основе статистических данных и их уточнение проверкой развиваемого напора. Определение суммарной осевой силы, действующей на РК. Радиальные гидравлические силы, действующие на РК: причины возникновения, расчёт и способы уменьшения.

Методы и средства проведения энергетических и кавитационных испытаний насосов.

Особенности рабочего процесса реактивных и активных гидротурбин. Рабочие органы гидротурбин: назначение и конструктивное исполнение. Основные рабочие

параметры гидротурбин. Кинематика потока в проточной части в расчётном и нерасчётных режимах.

Условия подбора параметров потока в сходственных режимах работы модельной и натурной гидротурбин. Масштабный эффект.

Основное уравнение кавитации. Коэффициенты кавитации установки и турбины.

Методы и средства проведения энергетических и кавитационных испытаний модельных гидротурбин. Выбор гидротурбины на заданные параметры ГЭС.

Баланс энергии в насосах и гидротурбинах. Гидравлический, объемный и механический КПД.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Понятие объемного гидропривода (ГП). Характеристика основных видов рабочих жидкостей ГП и рекомендации по их выбору. Физические свойства рабочих жидкостей, влияющие на качество функционирования гидроприводов.

Области применения ГП вращательного, поступательного и поворотного движений. Дифференциальная схема подключения гидроцилиндра. Способы торможения гидроцилиндров. Применение гидромоторов для реализации поступательных перемещений.

ГП с дроссельным, машинным, машинно-дроссельным и электромашиным управлением. Диапазоны регулирования скорости. Статические характеристики. Структура потерь энергии. Выбор рациональных схем управления.

Способы автоматизации реверсирования, переключения скоростей, последовательной работы и синхронизации движения исполнительных устройств. Методы построения автоматизированных электрических схем управления цикловыми ГП. Использование свободно-программируемых контроллеров и персональных ЭВМ в управлении гидроприводами.

Понятие гидравлического следящего привода (ГСП). Чувствительность и точность ГСП. Скоростная и нагрузочная составляющие ошибки регулирования. Дросселирующие распределители и электрогидравлические усилители мощности. Силы, действующие на золотники распределителей. ГП с пропорциональным электромагнитным управлением. Электрогидравлические шаговые приводы.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Формулировки проблем автоматического оптимального управления и оптимизационного регулирования технических систем.

Математическое описание функционирования линейных и нелинейных моделей систем автоматического регулирования (САР). Формы записи линейных дифференциальных уравнений в теории автоматического регулирования (ТАР).

Передаточные и частотные передаточные функции разомкнутой и замкнутой САР. Основные законы регулирования – пропорциональный, интегральный, изодромный, с включением динамических звеньев дифференцирующего типа.

Необходимые и достаточные условия устойчивости САР. Общая характеристика критериев качества САР. Методы повышения точности и быстродействия САР.

Статические и динамические нелинейности. Составление уравнений динамики нелинейных САР. Примеры САР с типовыми нелинейностями.

2. Содержание практических заданий

Расчет клапана, критерии безударной и бесшумной работы клапана. Баланс энергии и коэффициента полезного действия (КПД) ПКН. Основное уравнение лопастных гидромашин. Основное уравнение кавитации. Коэффициенты кавитации установки и турбины. Выбор гидротурбины на заданные параметры ГЭС. Баланс энергии в насосах и гидротурбинах. Гидравлический, объемный и механический КПД.