

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ
«МЭИ» по научной работе
Драгунов В.К.

ПОДПИСЬ

«____» _____ 2017 г.

**ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

**Направление – 14.06.01, Ядерная, тепловая и возобновляемая
энергетика и сопутствующие технологии**

код, название

Москва, 2017

1. Среда функционирования летательных аппаратов

1.1. Естественная внешняя среда – атмосфера Земли и околоземное пространство.

Основные параметры и свойства воздуха в атмосфере. Международная стандартная атмосфера (МСА).

1.2. Искусственная внешняя среда – наземные комплексы.

Аэропорты и аэродромы. Взлетно-посадочные полосы и устройства. Наземные системы обслуживания и подготовки летательных аппаратов к полету. Технические и стартовые ракетные комплексы.

1.3. Факторы влияющие на функционирование летательных аппаратов и принципы полета.

Факторы и их взаимосвязь. Классификация принципов полета. Реализация аэростатического принципа полета. Реализация аэродинамического принципа полета. Реализация ракетодинамического принципа полета. Реализация баллистического принципа полета. Летательные аппараты, реализующие несколько принципов полета.

2. Основы проектирования интегрированных систем летательных аппаратов и наземных комплексов

2.1. Определение и задачи проектирования авиационной и ракетно-космической техники.

Этапы проектирования, содержание задач, решаемых на отдельных этапах: разработка технического задания, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект.

Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания ЛА. Виды проектной документации. Нормативные документы, регламентирующие процессы создания и эксплуатации ЛА и наземных комплексов. Особенности проектирования современных ЛА. Роль научно-технического задела и современных информационных технологий в совершенствовании проектирования.

3. Проектирование и конструкция летательных аппаратов

3.1. Летательные аппараты как объекты проектирования, производства и эксплуатации.

Классификация ЛА; требования, предъявляемые к ЛА. Краткий исторический обзор развития ЛА. Общая характеристика ЛА различного назначения; двигатели, виды траекторий, особенности систем управления, гражданское и боевое применение. Перспективные направления, пути и способы совершенствования ЛА.

3.2. Общие вопросы конструирования ЛА, их агрегатов и систем.

Принципы конструирования ЛА. Эволюция компоновок конструкций ЛА. Фактор преемственности конструкций. Прогнозирование развития конструкций формирования конструктивно-силовой схемы.

Аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки на ЛА. Влияние температуры на несущую способность конструкции. Изменение нагрузок на различных этапах эксплуатации ЛА.

Выбор материалов элементов конструкции с учетом условий производства, эксплуатации, прочности, жесткости и долговечности. Методы выбора основных конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов.

Требования к силовой установке, типы и характеристики авиационных и ракетных двигателей. Установка двигателей на ЛА. Размещение топливных баков на дозвуковых и сверхзвуковых ЛА. Топливные отсеки в конструкции корпуса. Защита корпуса от кинетического нагрева. Мероприятия по защите силовой установки и топливных баков от пожара и взрыва в полете.

Типы и основные параметры шасси. Анализ и рекомендации по выбору схемы шасси. Характеристики проходимости ЛА по грунтовым и бетонным ВПП.

3.3. Надежность, безопасность и сертификация летательных аппаратов.

Основные понятия и показатели надежности ЛА. Современный уровень надежности авиационной и ракетно-космической техники, находящейся в эксплуатации. Эксплуатационная технологичность ЛА. Взаимосвязь надежности и эксплуатационной технологичности ЛА и его систем. Влияние условий эксплуатации на надежность, ресурс и безопасность полета.

Основные понятия о сертификации авиационной техники (АТ). Правовые основы сертификации АТ.

4. Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

4.1. Воздушно-реактивные двигатели (ВРД).

Классификация и принципы действия ВРД. Основные параметры, характеризующие ВРД. Тяговая мощность, полный и полетный КПД двигателей. Пути совершенствования ВРД как движителя.

4.2. Газотурбинные двигатели (ГТД).

Классификация ГТД. Преимущества и недостатки различных типов ГТД, диапазон возможного применения по скорости и высоте полета. Конструкция и проектирование ГТД. Области применения этих двигателей.

4.3. Использование авиационных двигателей для создания комбинированных энергоустановок.

Назначение комбинированных энергоустановок различных типов. Особенности схем с утилизацией тепла выхлопных газов двигателей и дополнительным подводом тепла по тракту комбинированной энергоустановки. Типы парогенерирующих устройств. Классификация комбинированных энергоустановок на базе авиационных ГТД. Понятие об эффективности, КПД установки и коэффициенте использования тепла.

4.4. Ракетные двигатели.

Типы ракетных двигателей (РД). Классификация РД. Ракетные двигатели на химических топливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерные ракетные двигатели. Лазерные и солнечные двигатели. Особенности и области применения различных типов РД.

4.5. Двигательные, энергетические и энергосиловые установки космических аппаратов.

Потребности КА в бортовой энергетике и необходимость создания энергосиловых установок (ЭСУ) и электроракетных двигателей (ЭРД), энергетических установок (ЭУ) различных типов.

4.6. Энергетические установки с солнечными батареями.

Особенности и области использования фотоэлектрических энергетических установок. Потери энергии и КПД фотоэлектрического преобразователя. Возможности повышения эффективности. Характеристики преобразователей, влияние на них температуры, радиации. Методы повышения стойкости и надежности. Характеристики и КПД солнечных батарей

5. Производство летательных аппаратов и двигателей

5.1. Основы технологии производства летательных аппаратов и двигателей.

Основные понятия технологии производства. Производственный процесс и его составляющие. Конструкторские и технологические методы обеспечения качества. Технологические методы создания высоконадежных и долговечных конструкций. Состояние поверхностного слоя детали, остаточные напряжения в нем и их влияние на ресурс детали. Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей авиационной и

ракетно-космической техники. Понятие о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности и устойчивости технологических процессов. Основные сведения о базах. Правила базирования при изготовлении деталей и сборке летательных аппаратов и двигателей.

Методы обеспечения взаимозаменяемости в производстве ЛА и двигателей. Понятие о взаимозаменяемости и увязке размеров деталей. Современные методы увязки размеров элементов изделий.

Общие и частные требования технологичности. Показатели технологичности. Последовательность обеспечения технологичности конструкции при проектировании и подготовке производства.

5.2. Процессы изготовления деталей летательных аппаратов и двигателей.

Тенденции в развитии современного наукоемкого производства. Классификация деталей, заготовок и полуфабрикатов из металлов и композиционных материалов. Процессы раскроя заготовок и полуфабрикатов.

Технологические процессы термической обработки и создания защитных покрытий.

Основные этапы и последовательность проектирования технологических процессов изготовления деталей. Использование методов типизации и групповой обработки.

5.3. Процессы узловой и агрегатной сборки.

Объем, содержание и условия сборочных работ в производстве ЛА и двигателей. Основные системы базирования, применяемые при сборке корпуса объектов ракетно-космической техники и планера самолета. Методы и способы базирования при сборке. Варианты базирования элементов планера с помощью установочных фиксирующих отверстий. Варианты базирования элементов, формирующих внешний контур.

Структура сборочной единицы и ее технологичность при сборке. Проектирование процессов сборки узлов и агрегатов.

5.4. Процессы окончательной сборки, монтажа и испытания систем летательных аппаратов и двигателей.

Предварительная стыковка агрегатов. Требования к агрегатам, поступающим на окончательную сборку. Влияние конструкции стыков на трудоемкость стыковочных работ.

Монтаж и испытания систем. Подготовка агрегатов планера для монтажа оборудования. Монтаж коммуникаций и трубопроводов. Виды испытаний систем оборудования.

Процессы испытаний узлов, агрегатов и изделия в целом. Виды и основные задачи испытаний: приемосдаточные (ПСИ), конструкторско-доводочные (КДИ), контрольно-выборочные (КВИ), периодические (ПИ). Классификация и общая характеристика испытаний по воздействующим факторам.

5.5. Технологическая подготовка серийного производства летательных аппаратов.

Основные этапы технологической подготовки серийного производства. Отработка конструкции на технологичность. Проектирование технологических процессов. Проектирование, и изготовление технологического оснащения. Проектирование, монтаж и увязка сборочных приспособлений.

5.6. Управление разработкой, автоматизация проектирования, конструирования и производства.

Принципы организации и структура систем автоматизированного проектирования и конструирования (САПР). Комплекс технических средств, математическое обеспечение, информационное и программное обеспечение. Роль современных информационных и цифровых технологий. Задачи проектировщика в САПР. Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСПТП).

6. Оценка эффективности систем летательных аппаратов и наземных комплексов по результатам испытаний

6.1. Методы испытаний и анализа результатов.

Основные этапы и программы испытаний летательных аппаратов, двигательных установок и оборудования. Виды и средства испытаний, моделирование, стендовые и натурные испытания, летающие лаборатории, аналоги, летающие модели, сертификационные испытания на соответствие нормам летной годности. Пассивный и активный эксперимент. Методы пересчета результатов испытаний на другие условия.

6.2. Контроль состояния и техническая диагностика.

Назначение, классификация, структура построения средств контроля и технической диагностики. Основные технические характеристики средств контроля как информационно-измерительных средств. Эффективность средств контроля. Определение и оценка эффективности.

6.3. Испытания на надежность.

Основные понятия. Показатели надежности. Методические основы обеспечения и оценки надежности ЛА и его отдельных элементов при экспериментальной отработке.

6.4. Летные испытания самолета и объектов ракетно-космического комплекса (РКК).

Целевые полеты по программе заводских испытаний. Методы определения основных летно-технических и пилотажных характеристик самолета. Испытания в предельной области режимов полета. Методы установления эксплуатационных ограничений для самолета.

Нормы и режимы испытаний ракет-носителей. Нормативно-методическое обеспечение безопасности полета пилотируемых РКК. Анализ особых, нештатных ситуаций в процессе космического полета.

2. Направленность – 05.14.03, Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

шифр, название

Ядерная энергетика в энергетическом балансе. Требования к энергетическим технологиям. Перспективы развития ядерной энергетики.

Топливный цикл ядерной энергетики. Технологии и предприятия ядерного топливного цикла. Экологическая и радиационная безопасность.

Проблема нераспространения ядерных материалов. МАГАТЭ и системы международных гарантий. Технические проблемы нераспространения ядерных материалов.

Экономические аспекты использования ядерной энергии. Составляющие издержек производства электроэнергии на АЭС. Снятие АЭС с эксплуатации. Экономические последствия тяжелых аварий. Социальные аспекты развития ядерной энергетики.

Основы ядерной и нейтронной физики. Состав и характеристики ядер. Закон и характеристики радиоактивного распада. Ядерные реакции и их особенности.

Нейтронный цикл в ядерном реакторе. Эффективный коэффициент размножения нейтронов. Условия критичности. Закономерности формирования пространственно-энергетического распределения нейтронов и удельного выделения энергии.

Кинетика реактора. Роль запаздывающих нейтронов. Критическое и подкритическое состояние реактора. Динамические характеристики, обратные связи, устойчивость и способы регулирования реактора.

Источники и методы регистрации нейтронов, экспериментальные методы измерения сечений нейтронных реакций, размножающих свойств среды и нуклидного состава топлива.

Эффекты реактивности. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива. Топливные циклы. Перегрузки топлива. Ядерная безопасность.

Источники ионизирующих излучений в ядерных энергетических установках. Система теплоносителя как источник излучений. Закономерности ослабления ионизирующих излучений в веществе. Радиационное повреждение реакторных материалов. Действие ионизирующего излучения на теплоноситель (вода). Действие ионизирующего излучения на оксидные пленки конструкционных сплавов. Действие ионизирующего излучения на конструкционные сплавы –

углеродистые стали; аустенитные хромоникелевые стали; сплавы на основе циркония, алюминия.

Тепловые и гидравлические процессы в ядерных энергетических установках. Особенности контура отвода тепла. Теплогидравлический расчет активных зон, охлаждаемых однофазным, двухфазным водным, жидкометаллическим, газовым теплоносителем. Кризис теплообмена. Запасы до кризиса. Максимальные температуры оболочки и топлива. Нестационарные процессы в переходных и аварийных режимах. Термогидравлика основных проектных аварий. Двухфазные среды в ядерных энергетических установках. Параметры, характеризующие поток пароводяной смеси. Режимы течения пароводяной смеси в парогенерирующих трубах. Двухфазные среды пузырьковой структуры. Основные соотношения в потоках двухфазных сред. Расходные и истинные параметры, характеризующие поток пароводяной смеси в трубах. Гидравлические сопротивления при вынужденном движении негомогенной пароводяной смеси в трубах. Определение относительного коэффициента гидравлического сопротивления пароводяной смеси. Влияние массового паросодержания на потери давления на трение при движении пароводяной смеси.

Задача исследования и задача оптимизации технологической схемы АЭС. Функциональные свойства АЭС и критерии оптимизации. Определение и состав тепловой схемы. Тепловые схемы принципиальные и полные. Виды и цели расчетов тепловых схем. Исследование АЭС на основе системного подхода. Иерархия задач исследования АЭС. Задача оптимизации АЭС и основные этапы ее решения.

Математические модели тепловых схем: определение и классификация. Принципы разработки на основе системного подхода и состав математических моделей тепловых схем. Математическая модель с фиксированной структурой тепловой схемы. Линейная математическая модель. Процедура теории графов для решения уравнений нелинейной математической модели.

Задача исследования и задача оптимизации технологической схемы АЭС. Функциональные свойства АЭС и критерии оптимизации. Определение и состав тепловой схемы. Тепловые схемы принципиальные и полные. Виды и цели расчетов тепловых схем. Исследование АЭС на основе системного подхода. Иерархия задач исследования АЭС. Задача оптимизации АЭС и основные этапы ее решения.

Математические модели тепловых схем: определение и классификация. Принципы разработки на основе системного подхода и состав

математических моделей тепловых схем. Математическая модель с фиксированной структурой тепловой схемы. Линейная математическая модель. Процедура теории графов для решения уравнений нелинейной математической модели.

Циклы паротурбинных и газотурбинных установок. Энергетический баланс и КПД ядерных энергетических установок.

Прочность оборудования и трубопроводов ядерных энергетических установок. Статическая прочность. Устойчивость. Циклическая прочность. Хрупкая прочность. Вибропрочность. Расчет на прочность при сейсмических воздействиях. Испытания натурального оборудования и модельных образцов.

Контроль, управление и защита ядерных энергетических установок. Системы контроля нейтронно-физических и теплотехнических параметров. Безопасность и проблема управления. Защиты по уровню мощности и разгону. Управляющие системы нормальной эксплуатации и безопасности. Взаимодействие «человек - машина».

Основные принципы и критерии обеспечения безопасности. Нормативно-регулирующие документы. Принципы защиты в глубину. Уровни глубоко эшелонированной защиты: Фундаментальные функции безопасности. Принцип единичного отказа. Критерии и условия обеспечения безопасной эксплуатации.

Нормативные документы и рекомендации, определяющие применение теплогидравлических кодов для компьютерного моделирования аварийных ситуаций на энергоблоке АЭС. Тенденции развития теплогидравлических кодов улучшенной оценки для компьютерного моделирования аварийных ситуаций на АЭС. Применение расчетных кодов улучшенной оценки для компьютерного моделирования теплогидравлическими кодами аварийных ситуаций на энергоблоке АЭС.

Физические принципы реакторов с естественной безопасностью.

Анализ аварий. Проектные и запроектные аварии. Анализ надежности систем безопасности. Модели систем безопасности. Управление аварией. Вероятностный анализ. Сценарии аварий на АЭС с реакторами ВВЭР, БН, РБМК.

Программные комплексы для нейтронно-физических расчетов, проектных и эксплуатационных расчетов динамики и безопасности, радиационной защиты, для расчетного обоснования прочности, моделирования тяжелых аварий и их последствий.

Атомные станции. Типы атомных станций. Основные компоненты и системы энергоблоков АЭС. Судовые и космические ядерные энергетические установки. Передвижные и блочно-транспортабельные ядерные

энергетические установки. Радионуклидные генераторы. Термоядерные реакторы. Гибридные системы синтеза - деления. Классификация ядерных реакторов.

Теплоносители ядерных реакторов. Требования, особенности применения. Водно-химические режимы первого (второго) контура. Технологии жидкометаллических, органических, газовых теплоносителей.

Материалы в реакторостроении. Условия работы и критерии выбора. Теплоустойчивые стали, коррозионно-стойкие стали, циркониевые сплавы, нержавеющие стали, никелевые сплавы, сплавы на основе титана, высокотемпературные сплавы, графит, керамические материалы. Материалы органов управления реактивностью. Материалы замедлителей и отражателей. Материалы защиты.

Классификация процессов коррозии (применительно к узлам ПГ по условиям протекания и по характеру наблюдаемых повреждений конструкционных сплавов). Коррозия: химическая, электрохимическая, общая, локальная. Дентин-, фреттинг-коррозия, щелевая, ножевая, под напряжением. Водородное охрупчивание. Коррозионная усталость. Коррозионное растрескивание – транс- и интеркристаллитное. Эрозионно-коррозионный износ. Способы выражения скорости коррозии. Растворы, растворение, электролиты, растворы электролитов, концентрации веществ в растворе. Химическая активность растворенных веществ. Законы Генри, Рауля.

Ядерное топливо. Конструкционные материалы твэлов и ТВС. Основные требования, характеристики.

Тепловыделяющие элементы и ТВС ядерных реакторов. Основные требования. Типы конструктивных решений. Физико-химические процессы, протекающие в твэлах и ТВС в условиях эксплуатации.

Органы регулирования ядерных реакторов. Назначение, состав, конструкции и функциональное использование. Особенности органов регулирования реакторов различных типов. Использование жидких, газообразных и сыпучих поглотителей.

Корпусные легководные реакторы с водой под давлением и кипящие. Развитие реакторов. Реакторы ВВЭР-1000, АСТ-500, АТЭЦ, PWR. Реакторы ВК, BWR. Конструкции. Компоновка оборудования. Системы нормальной эксплуатации. Системы безопасности.

Реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Развитие реакторов. Реакторы БН-600, БН-800. Корпус реактора и внутрикорпусные устройства. Активная зона и зона воспроизводства. Технические средства обеспечения безопасности. Компоновка оборудования.

Канальные водографитовые и тяжеловодные реакторы. Развитие канальных реакторов. Первая в мире, Сибирская, Белоярская АЭС, Билибинская АТЭЦ. Реакторы РБМК-1000, РБМК-1500. Металлоконструкций. Активная зона. Контур многократной принудительной циркуляции. Системы нормальной эксплуатации и системы безопасности. Канальные тяжеловодные реакторы.

Реакторы, охлаждаемые газом. Развитие реакторов. Реакторы с гелиевым теплоносителем. Активные зоны из шаровых, стержневых твэлов и призматических блоков.

Ядерные реакторы нового поколения - с водой под давлением, бассейновые, канальные, с жидкометаллическим теплоносителем (натрием, свинцом-висмутом, свинцом), модульные, охлаждаемые газом с использованием газовой турбины, с циркулирующим топливом, с расплавно-солевым теплоносителем.

Исследовательские реакторы. Физические и конструктивные особенности. Экспериментальные устройства исследовательских реакторов. Стационарные и учебно-исследовательские реакторы.

Теплообменное и сепарационное оборудование реакторных установок. Парогенераторы для АЭС с ВВЭР и PWR, теплообменные аппараты АЭС с БН, ВТГР, сепараторы пара. Основные характеристики.

Насосы ядерных энергетических установок. Главные циркуляционные насосы. Питательные насосы. Конструкция опор, уплотнений вала. Основные характеристики.

Системы перегрузки топлива. Способы перегрузки. Хранилища отработавшего ядерного топлива. Транспортно-технологическое оборудование. Перегрузочные устройства.

Трубопроводы, опоры и опорные конструкции оборудования и трубопроводов. Гидроамортизаторы.

Трубопроводная и регулирующая арматура.

Особенности проектирования и сооружения ядерных энергетических установок. Выбор площадок. Компонировка зданий и сооружений.

Выполнение строительно-монтажных работ. Поставка оборудования. Особенности организации монтажа. Управление качеством. Монтаж реакторов ВВЭР, БН, РБМК. Основные технологические процессы.

Организация и контроль эксплуатации. Установление и корректировка пределов и условий безопасной эксплуатации. Регламентация эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт. Регламентация действий при авариях и в аварийных ситуациях. Показатели работы АЭС. Система ведомственного контроля за эксплуатацией. Федеральный надзор за безопасностью.

