Оглавление

[*Философские вопросы технических наук – Б1.Б.1 2*](#_Toc8051334)

[*Компьютерные технологии в науке и образовании – Б1.Б.2 4*](#_Toc8051335)

[*Технический иностранный язык (английский язык) – Б1.Б.3 7*](#_Toc8051336)

[*Экономика научных исследований – Б1.Б.4 8*](#_Toc8051337)

[*Психология – Б1.Б.5 10*](#_Toc8051338)

[*Атомные электростанции – Б1.В.ОД.1 11*](#_Toc8051339)

[*Физика ядерных реакторов – Б1.В.ОД.2 14*](#_Toc8051340)

[*Автоматизированные системы управления АЭС – Б1.В.ОД.3 16*](#_Toc8051341)

[*Новые технологии проектирования АЭС – Б1.В.ОД.4 18*](#_Toc8051342)

[*Теплогидравлика ЯЭУ – Б1.В.ОД.5 20*](#_Toc8051343)

[*Основы обеспечения безопасности АЭС – Б1.В.ОД.6 22*](#_Toc8051344)

[*Физика ядерных реакторов-2 – Б1.В.ДВ.1.1 23*](#_Toc8051345)

[*Обращение с РАО и ОЯТ – Б1.В.ДВ.1.2 25*](#_Toc8051346)

[*Современные проблемы атомной энергетики – Б1.В.ДВ.1.3 27*](#_Toc8051347)

[*Наладка и эксплуатация оборудования АЭС – Б1.В.ДВ.2.1 28*](#_Toc8051348)

[*Газодинамика двухфазных сред – Б1.В.ДВ.2.2 30*](#_Toc8051349)

[*Экономика ядерной энергетики – Б1.В.ДВ.3.1 32*](#_Toc8051350)

[*Исследования тепловых схем АЭС – Б1.В.ДВ.3.2 34*](#_Toc8051351)

[*Ядерные энергетические реакторы – Б1.В.ДВ.4.1 36*](#_Toc8051352)

[*Электрическая часть АЭС – Б1.В.ДВ.4.2 38*](#_Toc8051353)

**Аннотация дисциплины**

# Философские вопросы технических наук – Б1.Б.1

**Цель дисциплины:** формирование целостных представлений о возникновении и развитии техники и знаний о ней, включая знание о субъекте технического творчества – инженерного сообщества как социальной группы.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Статус технических теорий. Предмет философии техники. Аспекты философии техники: онтологические, эпистемологические, деятельностные. Сетевая структура техники и её реализация в концептуальных переходах. Становление классического научно-технического знания в Новое и Новейшее время. Поток выдающихся технических достижений. Вера в безграничные возможности науки. XVII — середина XVIII в. — время научной революции: развитие экспериментального метода и математизация естествознания. Техника как объект исследования естествознания. Экспериментальный метод и создание инструментов и измерительных приборов. Создание специализированных технических учебных заведений. Институционализация технических наук. Методология технических наук. Дисциплинарное оформление технических наук и построение фундаментальных технических теорий. Формирование идеальных объектов технических наук. Междисциплинарный характер технического знания. Система взаимосвязи теорий различного уровня общности. Системно-интегративные тенденции: масштабные научно-технические проекты. «Фундаментальные исследования – прикладные исследования – разработки». Техническое знание и инженерная деятельность. История развития техники. Технические революции. Технологические революции. Научно-техническая революция ХХ века. Основные этапы научно-технического прогресса. Технический прогресс в XXI в. Основные концепции философии техники. Романтико-символическая интерпретация Эрнста Каппа. Прагматизм Д.Эспинаса. Эвристика П.Энгельмейера. Антропологическая интерпретация Ортеги-и-Гассета. Миссия техники – освобождение человека. Выход из тупика техницизма: превращение техники в искусство. Трансцендентализм Ф. Дессауэра. «Миф машины» Л. Мэмфорда. Концепция техноценоза Б.И.Кудрина. Постструктурализм: М.Фуко, Ж. Деррида, Ж.-Ф. Лиотар. Развитие информационной техники как критерий развития современного общества. Культурно-историческая интерпретация. Техника и мораль. В.М. Розов: зависимость техники от типа социальности. Техникологическая этика. Сближение субстанциальной и метанаучной этики. Этика и теория принятия решений. Прагматическая этика. Этика ответственности. Метанаучная этика техникологии. Этика риска.

**Аннотация дисциплины**

# Компьютерные технологии в науке и образовании – Б1.Б.2

**Цель дисциплины:** изучение современных компьютерных технологий используемых в ядерной энергетике, науке и образовании.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 7.

**Содержание разделов:** Введение. Современные интегральные коды анализа безопасности АЭС. Коды консервативной и наилучшей оценки, сравнение, достоинства и недостатки. Коды анализа проектных и запроектных аварий. Обзор основных существующих зарубежных и российских кодов (RELAP5, КОРСАР, MELCOR), CFD коды. Основные принципы, области применения. Понятия верификации и валидации кодов. Принципы анализов неопределенностей, чувствительности. Использование поверхности отклика, метода Монте-Карло, GRS. Основные принципы составления нодализационной схемы АЭС, использование основных элементов: одиночный объем, одиночное соединение, труба, ветвление, использование таблиц для ввода теплофизических свойств, задание управляющих параметров для расчета переходных и аварийных процессов АЭС. Основные принципы анализа результата расчетов переходных и аварийных процессов на АЭС; принципы графического представления данных; использования утилиты XMGR5/ACGRACE. Основные принципы использования кода RELAP5 для анализа динамики переходных и аварийных процессов на АЭС. Основные уравнения. Численная модель. Основные гидродинамические компоненты, моделируемые в RELAP5; примеры моделирования. Карты режимов гидродинамических потоков, используемые в RELAP5; особенности моделирования горизонтального и вертикального течения; особенности моделирования потоков в смесителе от САОЗ; особенности моделирования потоков в насосах. Модели тепло–массообмена, межфазного трения, трения на стенке канала, используемые в RELAP5. Обзор моделей специальных процессов, используемых в RELAP5. Моделирования критического истечения в RELAP5 на основе модели Ренсома и Генри-Фоска. Достоинства и недостатки. Моделирование эффекта CCFL. Моделирование двухфазного расслоения горизонтально разделенного потока в ветвлениях, термического расслоения жидкости, отслеживания уровня смеси, резкого изменения проходного сечения, эффекта water packing, процессов повторного смачивания, повреждения оболочки ТВЭЛов, паро-циркониевой реакции. Моделирование насосов в RELAP5; принципы гомологичных кривых и их составление для однофазного и двухфазного режима смеси. Модели клапанов, сепаратора, турбины, гидроаккумулятора, смесителя САОЗ и эжектора используемые в RELAP5. Моделирование нейтронной кинетики реактора в RELAP5; основные уравнения. Понятие тепловых структур и их использование в RELAP5; основные уравнения. Модели контрольных переменных и логических переключателей; использование их для моделирования вспомогательных систем АЭС; логических элементов и связей между компонентами. Особенности использования параллельных вычислений для ускорения расчетов в области научно технических расчетов АЭС; анализ типовых областей использования в научных расчетов ядерной техники. Принципы реализации параллельных вычислений. Существующие технологии параллельных вычислений: PVM, MPI, CUDA. Анализ их основных характеристик, отличий и областей использования. Три концепции реализации параллельных расчетов: SIMD, SDMI, MIMD. Практические шаги осуществления параллельных вычислений. Особенности и основные характеристики суперкомпьютеров. Возможность осуществления научно-технических расчетов на суперкомпьютерах в России. Организация параллельных вычислений на основе распределенного кластера. Принципы и технические варианты организации кластера на основе компьютеров различного типа, требуемое оборудование. Модель использования PVM. Гетерогенность сети для вычисления, типы гетерогенности. Основные задачи, принципы и контроль PVM, цикл его функционирования. Основные элементы PVM, его расчетная модель. Языки программирования для использования с PVM и связь с Fortran/C/C++. Шаги по установке PVM, основные команды. Основная последовательность действий при использовании PVM с программной точки зрения. Старт PVM программы. Концепция master-slave. Древообразная структура расчетов. Обзор современных компьютерных технологий для решения сложных научных задач ЯЭ: генетические алгоритмы (ГА), Simulated annealing (SA), экстремальная оптимизация (ЭО), нейронные сети. Примеры областей и задач использования. Причины возникновения ГА, история его развития и основные используемые в ГА биологические принципы. Базисные принципы применения ГА для оптимизации технических систем; его основные элементы и операторы; Простой ГА; основные достоинства ГА и недостатки. Положения теории «схемата»; теорема схемата – ее значение для функционирования ГА. Основные условия использования ГА для оптимизации сложных технических систем; возможные методы кодирования информации и методы селекции. Возможные методы селекции в ГА и их достоинства и недостатки; другие используемы параметры; их типичные значения и их вариация в зависимости от типа задачи; Рассмотрение типичных задач НИР ЯЭ для использования ГА. Экстремальная Оптимизация – основные принципы, сравнение с ГА. Рассмотрение EO-τ алгоритма на основе спиновых стекол; достоинства и недостатки EO-τ. Обобщенная EO-τ; анализ достоинств и недостатков. История возникновения SA. Алгоритм Метрополиса. Формализованный SA. Основные параметры SA и принципы их варьирования. Обзор проблем НИР ЯЭ для использования экстремальной оптимизации и SA. Основные принципы нейронных сетей. Модели нейронов. Графическое представление нейронных сетей. Существующие архитектуры нейронных сетей. Процессы обучения нейронных сетей. Обзор существующих типов нейронных сетей, особенности их использования для решения задач НИР. Основные принципы реализации нейронных сетей на основе многослойного персептрона. Примеры задач ЯЭ для эффективного использования нейронных сетей. Обзор проблем анализа безопасности АЭС требующих вероятностных оценок. Определение вероятностных оценок на основе метода Монте-Карло с использованием различных типов распределений, основные вопросы. Проблемы использования существующих методов ВАБ АЭС для нового типа ЯЭУ в том числе с пассивными системами безопасности. Общие принципы динамического ВАБ (динамической надежности) и пример его использования для ВВЭР-1000 и систем пассивной системы безопасности АЭС. Повышение эффективности метода Монте-Карло с использованием методов латинских гиперкубов и существенной выборки. Метод моделирования подмножеств (subset simulating) для повышения эффективности вероятностных оценок при анализе безопасности и надежности АЭС. Использование методов поиска глобального оптимума для решения оценки проблем безопасности АЭС. Сравнение методов.

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

# Технический иностранный язык (английский язык) – Б1.Б.3

**Цель дисциплины:** приобретение коммуникативных навыков, необходимых для иноязычной деятельности по изучению и творческому осмыслению зарубежного опыта в профилирующей и смежных областях науки и техники, а также для делового профессионального общения.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов**: The Infinitive. The Elliptic Sentences. The Infinitive Constructions. The Passive Voice. The Present Perfect Tense. The Present Progressive Tense. The Participle. The ing- and ed- forms as Parts of Speech. The Attribute. The Infinitive, the Gerund, the Participle. Non-finite Forms of the Verb. The Infinitive Constructions. The Passive Voice. Non-finite Forms of the Verb.Устная тема: My speciality (моя специальность).

**Аннотация дисциплины**

# Экономика научных исследований – Б1.Б.4

**Цель дисциплины:** изучение основ теории и практики организации научных исследований, их влияния на технические и экономические показатели основного оборудования АЭС, методов оценки финансовой эффективности инновационных проектов, в т.ч. научных исследований как вида инвестиционных проектов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Цели и особенности курса. Место и роль атомной энергетики в РФ и в мире. Роль НИОКР в развитии и современной деятельности АЭ. Себестоимость продукции, ее виды и расчет. Составляющие (структура) себестоимости. ЭЭХ и ее расчет. Капитальные затраты, их классификация и расчет. Базовые и текущие цены, пересчет цен. Распределение КВ по годам строительства АЭС и статьям затрат. Удельные капитальные вложения в энергоблоки разных типов. Расчет КВ на строительство АЭС. Факторы, влияющие на удельные капвложения. Приведенные капитальные вложения и их расчет. Экономика передачи электроэнергии. Удельные капвложения и затраты на эксплуатацию ЛЭП различных параметров. Расчет себестоимости транспортировки электроэнергии. Характеристики топлив. Условное топливо. Единицы измерения теплотворной способности топлив. Характеристики топливной экономичности энергоблоков. Удельный расход топлива современных энергоблоков. Изменение удельного расхода по мере развития энергетики. Связь удельного расхода и кпд. Понятие инвестиций, проекта и инвестиционного проекта. Примеры инвестиционных проектов в энергетике. Виды эффективности инвестиционных проектов (ИП). Методы оценки эффективности ИП. Метод дисконтирования. Понятие дисконта и его смысл. Ставка и фактор дисконтирования. Понятие свободных денежных средств (Free Cash Flow), их расчет и графическое представление. Показатели коммерческой и бюджетной эффективности инвестиционных проектов, их расчет и смысл. Налоговое окружение инвестиционных проектов. Основные налоги и их расчет. Специфика научных исследований и НИОКР как инвестиционного проекта. Понятие риска и неопределенности. Отличия этих понятий. Сценарий инвестиционного проекта и его устойчивость. Основные сценарии и их отличия. Условия принятия инвестиционного проекта к реализации. Методы анализа устойчивости инвестиционных проектов. Анализ чувствительности инвестиционных проектов. «Паук чувствительности», его построение и интерпретация. Бизнес план, его состав, структура. Требования к составлению бизнес-плана.

**Аннотация дисциплины**

# Психология – Б1.Б.5

**Цель дисциплины:** изучение индивидуальных особенностей личности, психологии делового общения, овладение методами самодиагностики и психической саморегуляции.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Методы определения потенциала сотрудника. Способность к изменениям и обучаемость. Роль психологии в личностно-профессиональном развитии. Варианты трактовки личной эффективности, методы измерения. Методы управления временем, работа со стрессовыми ситуациями, эффективная работа в команде. Основные подходы к лидерству. Функции лидера в процессе управления. Ключевые навыки лидера для решения организационных задач. Цели и методы обучения взрослых. Обучение на рабочем месте. Роль концепции непрерывного образования в условиях высокой изменчивости и неопределенности внешней среды организации. Определение конфликта, участники конфликтной ситуации. Этапы развития конфликта. Диагностика конфликта. Методы профилактики, стратегии разрешения конфликта. Структура эмоционального интеллекта. Коммуникативные задачи в профессиональной деятельности, требующие высокого развития эмоционального интеллекта. Социальный и эмоциональный интеллект. Концепция эмоционального лидерства Д. Гоулмана. Типология организационной культуры, факторы ее развития, основные функции. Уровни орг. культуры. Методы развития организационной культуры, направленной на выполнение профессиональных задач.

**Аннотация дисциплины**

# Атомные электростанции – Б1.В.ОД.1

**Цель дисциплины:** изучение основ исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 7.

**Содержание разделов:** Паропроизводительные установки с реактором типа ВВЭР. Основные особенности водо-водяного энергетического реактора. Основные управляемые параметры тепловой схемы ППУ с ВВЭР и зависимость от них параметров вырабатываемого пара. Возможности использования схемы ступенчатого испарения в парогенераторной установке. Перспективы развития ВВЭР. Основные особенности ВВЭР-СКД. Новые ядерно-энергетические технологии и международная программа Generation-IV. Цели и порядок расчета тепловой схемы паропроизводительной установки (на примере ППУ с ВВЭР). ППУ охлаждаемые кипящим водным теплоносителем. Особенности реакторов корпусных (ВК) и канальных водо-графитовых (РБМК). Подходы к определению параметров вырабатываемого пара. О перегреве пара в реакторе – опыт эксплуатации энергоблоков с реакторами АМБ. ППУ с натрийохлаждаемыми реакторами. Особенности реактора типа БН. Понятие о коэффициенте воспроизводства ядерного горючего. Выбор основных управляемых параметров и параметров вырабатываемого пара. ППУ с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. Основные решения, принятые в проекте быстрого реактора с естественной безопасностью со свинцовым теплоносителем (БРЕСТ). Свойства свинца, обеспечивающие новые качества реакторной установки. Ядерно-энергетическая технология с использованием свинцово-висмутового реактора малой мощности. Основные особенности реакторной установки СВБР-75/100. Перспективы ее использования. ППУ с газоохлаждаемыми реакторами. Задача определения параметров пара для ППУ с реакторами магноксового типа. Основные особенности ППУ с усовершенствованными газоохлаждаемыми реакторами (АGR). Особенности ППУ с высокотемпературными гелийохлаждаемыми реакторами (HTGR). Основные характеристики и перспективы реакторов ВТГР (комплексное энергообеспечение) и ВТГБР (расширенное воспроизводство ядерного горючего). Роль системы регенерации теплоты (СР). Теоретические решения по выбору основных управляемых параметров СР. Понятие о ступени регенеративного подогрева воды. Особенности подогревателей и схемы их включения для части высокого и низкого давления СР. Управляемые параметры тепловой схемы ПТУ, связанные с конструктивными особенностями подогревателей высокого (ПВД) и низкого (ПНД) давления. Особенности подогревателей смешивающего типа. Основы термической деаэрации воды. Назначение и структура деаэрационной установки. Способы включения деаэратора постоянного давления в тепловую схему. Питательная установка – одно-, двухподъемная. Схемы питательных установок. Особенности турбопривода питательного насоса. Теплофикационная установка (ТфУ). Потребители тепловой энергии и графики тепловой нагрузки. Температурный график ТфУ и способы регулирования тепловой нагрузки. Выбор основных управляемых параметров ТфУ. Конструктивные особенности сетевых подогревателей. Подготовка добавочной воды для теплосети (вспомогательная технологическая система). Потребители пара для собственных нужд электростанции. Испарители в тепловой схеме. Применение испарителей на одноконтурной АЭС. Система промежуточных перегрева и сепарации пара турбины – назначение и применяемые схемы. Конструктивные особенности сепараторов и сепараторов-пароперегревателей. Управляемые параметры системы. Выбор разделительного давления турбины. Турбина в тепловой схеме ПТУ. Характеристики потока влажного пара; допустимая влажность пара. Особенности основных выбираемых параметров влажнопаровых турбин. Внутренний относительный кпд и возможные способы его оценки для цилиндров турбины. Построение h,s-диаграммы процесса расширения пара в турбине. Вспомогательные системы турбины; система концевых уплотнений. Насосы в тепловой схеме АЭС. Основные параметры и способы их определения. Характеристики насосов. Виды используемых насосов и их основные особенности. Трубопроводы электростанции и их основные характеристики; опоры и подвески. Энергетическая арматура – запорная, регулирующая, предохранительная – конструктивные особенности и основные характеристики. Схема главных паропроводов турбины большой мощности. Схемы питательных трубопроводов. Тепловые схемы паротурбинных установок и основные этапы их расчета. Общая характеристика вспомогательных технологических систем. Системы нормальной эксплуатации на примере РУ с ВВЭР-1000. Система компенсации давления – назначение, схема и особенности установленного оборудования, принцип действия. Система продувки-подпитки первого контура – назначение, схема, принцип действия. Назначение и краткая характеристика систем высокотемпературной байпасной очистки теплоносителя, организованных протечек, промконтура, продувки парогенераторов, боросодержащей воды и борного концентрата, дистиллята, подготовки химреагентов для ввода в теплоноситель. Системы, обеспечивающие отвод теплоты от оборудования вспомогательных систем в окружающую среду. Обеспечение безопасности РУ посредством глубоко эшелонированной защиты от выхода радиоактивных веществ, содержащихся в ядерном топливе. Защитная оболочка РУ. Системы ВВЭР – аварийно-планового расхолаживания активной зоны (САОЗ), спринклерная, аварийного ввода бора высокого давления и аварийного впрыска бора, аварийного паро-газоудаления, аварийной питательной воды – назначения, схемы, основные характеристики. Функционирование систем безопасности при проектных авариях. Особенности систем безопасности РУ с ВВЭР-440. Развитие систем безопасности в проекте «АЭС-2006»: дополнительная система залива активной зоны, система пассивного отвода теплоты (СПОТ). Характеристика систем безопасности РУ с ВВЭР-СКДИ со спектральным регулированием мощности в течение кампании. Вспомогательные технологические системы РУ одноконтурной АЭС с РБМК. Системы нормальной эксплуатации: продувки и расхолаживания (СПИР), очистки продувочной воды КМПЦ. Системы безопасности: аварийного охлаждения реактора (САОР), локализации аварий – назначение, схемы и состав оборудования, принцип действия. Вспомогательные технологические системы реакторной установки с БН-600: заполнения контуров натрием, очистки натриевого теплоносителя с помощью холодных ловушек. Расхолаживание реактора в нормальных условиях эксплуатации и при авариях. Функционирование систем и оборудования при авариях с нарушением межконтурной плотности и взаимодействием воды с натрием. Система аварийного расхолаживания с воздушным теплообменником в проекте РУ с БН-800. Назначение технологической вентиляции на АЭС. Организация вентиляции гермозоны и обстройки реакторного отделения АЭС с ВВЭР-1000: назначения и требования к приточно-вытяжным и рециркуляционным вентиляционным системам, их состав и основные характеристики. Определение и основные требования к компоновке. Виды компоновки главного корпуса АЭС: сомкнутая, разомкнутая, интегральная (в проекте). Взаимное расположение реакторного отделения и машзала, продольное и поперечное расположение турбоагрегатов. Островной принцип компоновки оборудования в машзале. Примеры компоновок АЭС с ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-600. Особенности компоновки турбин с боковым расположением конденсаторов. Особенности компоновки оборудования паротурбинной установки одноконтурной АЭС. Основные требования к разработке генерального плана АЭС.

**Аннотация дисциплины**

# Физика ядерных реакторов – Б1.В.ОД.2

**Цель дисциплины:** изучить теорию нестационарных нейтронно-физических процессов и способы воздействия на них в ядерных реакторах, а также особенности расчетов и экспериментов по физике реакторов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 8.

**Содержание разделов:** Физическое проектирование нового реактора. Особенности нейтронно-физических реакторных расчетов. Расчет элементов периодичности реакторных решеток. Экспериментальные установки. Критическая сборка. Подкритическая сборка. Классификация экспериментов. Особенности экспериментов на различных установках. Примеры экспериментов на различных сборках и ядерном реакторе типа ВВЭР. Решение уравнения кинетики без учета запаздывающих нейтронов при скачкообразном изменении реактивности. Период реактора. Характеристики запаздывающих нейтронов. Разные формы записи уравнений кинетики с учетом m групп запаздывающих нейтронов. Решение уравнений кинетики с m группами запаздывающих нейтронов. Переходный и установившийся режимы. Решение уравнений кинетики с одной эффективной группой запаздывающих нейтронов. Переходные процессы при положительных и отрицательных значениях реактивности. Эффективная доля запаздывающих нейтронов. Определения и смысл основных эффектов и коэффициентов реактивности. Ядерный и плотностной температурные коэффициенты реактивности. Роль различных температурных эффектов в разных режимах работы реакторов. Мощностной и паровой эффекты и коэффициенты реактивности. Основные особенности выгорания ядерного топлива. Изменение изотопного состава урана и плутония. Шлакование реактора. Стационарное (равновесное) отравление реактора ксеноном. Нестационарное отравление реактора ксеноном. Иодная (ксеноновая) яма. Ксеноновые колебания и волны. Взаимозависимость количества ксенона в реакторе и параметров состояния реактора. Отравление реактора самарием. Воспроизводство делящегося материала. Различные определения и формулы для коэффициента воспроизводства. Сравнение коэффициентов воспроизводства для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. Смешанное уран-плутониевое топливо. Расширенное воспроизводство делящихся материалов. Время удвоения. Глубина выгорания топлива. Кампания реактора и топлива. Задачи СУЗ и способы их решения. Составляющие запаса реактивности. Рабочие органы (органы регулирования) СУЗ. Эффективный радиус поглощающего стержня. Эффективность поглощающего стержня, погруженного на всю глубину вдоль оси симметрии реактора. Зависимость эффективности поглощающего стержня от места его расположения. Дифференциальная и интегральная эффективность органов регулирования СУЗ (ОР СУЗ). Эффективность решетки ОР СУЗ. Интерференция поглощающих стержней. Жидкостное борное регулирование. Выгорающие поглотители. Гомогенное и гетерогенное размещение выгорающего поглотителя. Контроль потока нейтронов. Особенности пуска и контроль параметров при пуске реактора. Динамика ядерного энергетического реактора и энергоблока АЭС. Изменение мощности реактора. Роль мощностного и температурных эффектов реактивности. Саморегулирование реактора при возмущении по нагрузке турбогенератора энергоблока. Продление кампании реактора в режиме саморегулирования. Останов реактора.

**Аннотация дисциплины**

# Автоматизированные системы управления АЭС – Б1.В.ОД.3

**Цель дисциплины:** изучение общих принципов автоматизированного управления объектами АЭС, изучение автоматизированных систем управления АЭС и объединение ранее полученных сведений по структуре управления АЭС.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Введение. Цели и задачи курса. Роль автоматизации в повышении эффективности производства. Исходные понятия теории управления и регулирования. Основные принципы регулирования. Математическое описание динамики объектов и систем. Автоматические системы регулирования (АСР). Динамические характеристики реактора (в линейном приближении). Технико-экономические цели проектирования АСР и вспомогательные критерии. Особенности синтеза АСР. Схемы регулирования. Требования к источникам информации и регулирующим воздействиям. Алгоритмы (законы) регулирования. Выбор параметров и особенности настройки АСР. Цели управления, их декомпозиция и принцип построения систем управления. Понятие АСУ, уровни иерархии АСУ. Структура управляющих функций и подсистем АСУТП. Особенности задач автоматического регулирования, защиты и логического управления. Оптимизация алгоритмов и задач управления. Особенности технической структуры АСУ АЭС. Типовые исполнительные механизмы. Функциональный состав средств управления для АСР. Принцип действия релейно-импульсного регулятора. Задачи регулирования ЯЭУ в стационарных режимах и режимах пуска (останова). Программы и схемы регулирования мощности ЯЭУ. Программы постоянного давления и постоянной температуры. Схемы регулирования нагрузки и давления пара в парогенераторах. Особенности динамики и принципы построения АСР давления в компенсаторе объема и АСР уровня в парогенераторах и в барабанах-сепараторах. Регулирование в системах управления и защиты реакторов. Устойчивость и саморегулирование реакторов. Особенности автоматического регулирования ЯЭУ на этапах пуска-останова блока. Схемы автоматического регулирования и логического управления пуском турбогенератора. Микроконтроллерные средства при построении АСУТП энергоблоков АЭС. Назначение и преимущества средств ТПТС 51. Назначение и структура контроллера ТПТС 51. Структура АСУТП энергоблока АЭС на базе средств ТПТС 51. Программы регулирования блоков ВВЭР. Преимущества и недостатки программ. Основные схемы регулирования блоков ВВЭР (базисный режим, режим статического регулирования частоты). Схемы регулирования блоков ВВЭР по компромиссным программам Режим астатического регулирования частоты. Схема регулирования блока АЭС “Ловииза”. Схема всережимного регулирования.

**Аннотация дисциплины**

# Новые технологии проектирования АЭС – Б1.В.ОД.4

**Цель дисциплины:** изучение основ проектирования крупных инженерных объектов на примере АЭС, с применением современных программных продуктов проектирования.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Пояснительная записка. Схема планировочной организации земельного участка. Архитектурные решения. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно - технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений. Проект организации строительства. Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Смета на строительство объекта капитального строительства. Иная документация, установленная законодательными актами Российской Федерации. Определение основных целей проекта и требований к проекту. Жизненный цикл проекта. Фазы проекта. Обоснование инвестиций. Концептуальное проектирование, необходимое для согласования последующей работы различных проектных подразделений. Обоснование инвестиций и определение экономической эффективности проекта. Типовое проектирование и привязка проекта к локальным условиям. Предпроектные работы, получение исходных данных для проектирования. Состав ТЗ на проект. Нормативная база, определяющая состав ТЗ. Требования к Системе управления требованиями. Выбор оборудования. Создание технологических схем в P&ID. Границы технологической системы и подсистемы. Входа и выходы системы. Определение смежных систем. Выбор оборудование, взаимодействие с заводами изготовителями. Создание технологических схем в P&ID. Границы технологической системы и подсистемы. Входа и выходы системы. Определение смежных систем. Выбор оборудование, взаимодействие с заводами изготовителями. Определение весовых, геометрических и ценовых параметров оборудования и технологической системы в целом. Сбор информации и анализ опыта эксплуатации аналогичных технологических систем. Определение основных рисков эксплуатации. Размещение технологического оборудования в SmartPlant P&ID. Интеллектуальное проектирование строительных объектов. Автоматизация выпуска документации. Разделение функциональных задач по специализациям. Ключевые особенности SmartPlant 3D. Возможности SmartPlant 3D. Особенности водно-химического режима первого контура АЭС. Системы поддержания водно-химического режима первого контура АЭС. Особенности водно-химического режима второго контура АЭС. Системы поддержания водно-химического режима второго контура АЭС. Основные принципы обращения с радиактивными отходами на АЭС. Классификация радиактивных отходов на АЭС. Системы обращения с радиактивными отходами по категориям на АЭС.

**Аннотация дисциплины**

# Теплогидравлика ЯЭУ – Б1.В.ОД.5

**Цель дисциплины:** овладение базовыми знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных теплогидравлических процессов, протекающих в ходе аварии на АЭС.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Система уравнений сохранения однофазного потока. Сохранение массы. Сохранение импульса. Сохранение энергии. Потери на местных сопротивлениях. Уравнение Бернулли. Расширение канала. Формула Борда. Сужение канала. Формула Вейсбаха. Трение на стенке канала. Уравнение Навье-Стокса. Формула Пуайзеля. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса. Влияние шероховатости. Пространственно-временное осреднение параметров. Вывод уравнений сохранения массы, импульса и энергии двухфазного потока (двухскоростное двухтемпературное приближение). Общие принципы построения замыкающих соотношений. Режимы течения в вертикальных и горизонтальных трубах. Экспериментальные методы определения режимов течения (визуальные методы, методы на основе измерения пульсаций давления, методы на основе поглощения излучения, кондуктометрические методы). Карты режимов течения в вертикальных трубах (Хьюитт-Робертс, Беннет). Карты режимов течения в горизонтальных трубах (Бейкер, Мэндхэн). Критерии перехода между режимами течения в вертикальной трубе. Построение карты режимов течения в вертикальной трубе. Критерии перехода между режимами течения в горизонтальной трубе. Определение объемного паросодержания. Построение карты режимов течения в горизонтальной трубе. Определение площади межфазной поверхности в пузырьковом, снарядном, дисперсно-кольцевом и расслоенным режимах. Модели межфазного трения. Влияние профилей скорости и паросодержания на эффективное скольжение фаз. Модель потока дрейфа Зубера-Финдлея. Описание трения фаз о стенку канала. Потери на местных сопротивлениях в случае двухфазной среды. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Скорость звука. Критическое истечение однофазной и двухфазной сред. Противоточные течения. Явление «захлебывания». Соотношения для определения границы захлебывания. Корреляции Уоллиса, Кутателадзе, Бэнкофа. Пузырьковый режим. Задача о росте пузырька в перегретой жидкости. Снарядный режим. Дисперсно-кольцевой режим. Расслоенное течение. Теплообмен при кипении в большом объеме. Кривая кипения. Кризисы теплоотдачи. Теплообмен при кипении в трубах. Влияние вынужденного движения на теплоотдачу при кипении. Механизм образования пузырьков. Теплоотдача при кипении жидкости. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах. Физические процессы. Капельная конденсация. Пленочная конденсация неподвижного пара. Задача Нуссельта. Пленочная конденсация движущегося пара. Конденсация из парогазовой смеси. Интенсификация теплообмена при конденсации. Механизм процесса. Влияние основных параметров. Работа парораспределительного щита.

**Аннотация дисциплины**

# Основы обеспечения безопасности АЭС – Б1.В.ОД.6

**Цель дисциплины:** изучение инженерно-технических и нормативно-правовых сторон проблемы безопасности атомных электростанций и основных принципов обеспечения безопасности атомных электростанций на всех стадиях их жизненного цикла.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 5.

**Содержание разделов:** История, современное состояние и перспективы развития атомной энергетики в мире. Понятие безопасности в атомной энергетике. Государственное управление и регулирование безопасности при использовании атомной энергии. Основные принципы обеспечения безопасности АЭС.Принцип защиты в глубину. Принципы управления. Общие технические принципы. Конкретные принципы безопасности (выбор площадки АЭС, проектирование, изготовление оборудования и сооружение АЭС, ввод в эксплуатацию, эксплуатация АЭС, снятие с эксплуатации, аварийные ситуации на АЭС). Классификация систем и элементов АЭС. Требования к системам безопасности АЭС. Защитные системы безопасности. Локализующие системы безопасности. Управляющие системы безопасности. Обеспечивающие системы безопасности. Методы анализа безопасности АЭС.Детерминистский анализ безопасности. Вероятностный анализ безопасности. Основные источники радиационной опасности на АЭС. Радиационная безопасность персонала и населения. Обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Международные договоры (конвенции). Федеральные законы. Нормативные правовые акты Президента и Правительства России. Федеральные правила и нормы в области использования атомной энергии. Нормативные документы органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии. Классификация событий на АЭС.Международная шкала ядерных событий INES. Авария на АЭС TMI. Авария на ЧАЭС. Авария на АЭС Фукусима.

**Аннотация дисциплины**

# Физика ядерных реакторов-2 – Б1.В.ДВ.1.1

**Цель дисциплины:** изучить теорию нейтронно-физических процессов и эффектов, а также способы воздействия на них в критических ядерных реакторах.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 6.

**Содержание разделов:** Понятие о диффузии нейтронов. Плотность потока нейтронов. Скорость взаимодействия. Характерные длины пробега нейтронов. Плотность тока нейтронов. Уравнение диффузии. Граничные условия на границах двух сред и среды с вакуумом. Условия применимости диффузионного приближения. Скорость взаимодействия в случае немоноэнергетических нейтронов. Длина диффузии. Время диффузии нейтрона в среде. Рассеяние в лабораторной системе координат. Ступенька замедления. Закон рассеяния. Средняя логарифмическая потеря энергии при одном столкновении. Понятие летаргии. Замедление на водороде без поглощения и с поглощением. Вероятность избежать поглощения при замедлении. Замедление на тяжелых рассеивателях без поглощения и с поглощением. Эффективный резонансный интеграл поглощения. Резонансный интеграл поглощения при бесконечном разбавлении. Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста. Возраст нейтронов. Площадь миграции нейтронов. Многогрупповое приближение. Групповые диффузионные уравнения. Термализация нейтронов. Температура нейтронного газа. Физическая классификация ядерных реакторов. Коэффициент размножения. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения. Уравнение реактора в диффузионно-возрастном приближении. Материальный параметр. Условие критичности реактора в диффузионно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Квазикритическое приближение. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в одногрупповом приближении. Эффективная добавка. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в двухгрупповом приближении. Пространственное распределение потоков быстрых и тепловых нейтронов. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении. Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения в теории решетки. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Расчет ВПС в различных решетках. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки. Вероятность избежать резонансного поглощения. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в решетках. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения топливных блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Расчет коэффициента использования тепловых нейтронов. Особенности расчета в различных ячейках. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области тепловых энергий. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки и ячейки. Число нейтронов деления на один поглощенный топливом тепловой нейтрон. Расчет длин диффузии и замедления в pазличных pешетках. Зависимость возpаста и квадpата длины диффузии нейтронов от параметров решетки. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки.

**Аннотация дисциплины**

# Обращение с РАО и ОЯТ – Б1.В.ДВ.1.2

**Цель дисциплины:** изучение положений и принципов государственной концепции РФ по обращению с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО) ядерных энергоблоков АЭС.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 6.

**Содержание разделов:** Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) реакторов АЭС России. Особенности временного хранения ОЯТ. Транспортировка ОЯТ. Транспортные упаковочные комплекты. Длительное хранение ОЯТ. Система предварительной переработки диоксидного топлива. Схема восстановления плутония и урана путем экстракции. Неразделение урана и плутония. Металлургические способы рафинирования ОЯТ. Отжиговая технология переработки ОЯТ. Трансмутация долгоживущих нуклидов. Ядерный энергоблок как источник радиоактивных отходов. Газообразные радиоактивные отходы. Система газоочисток. Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО). Протечки теплоносителя. Воды с раствором борной кислоты. Воды опорожнения контуров. Воды бассейнов выдержки и перегрузки. Дезактивационные и обмывочные воды. Фильтрат и деконтат из хранилища жидких радиоактивных отходов. Регенерационные воды. Расчёт кислородной активности теплоносителя. Осколочная активность теплоносителя. Расчёт осколочной активности. Расчёт коррозионной активности теплоносителя. Деление примесей ЖРО на группы. Способы обработки ЖРО. Соосаждение с кристаллическими осадками. Конструкция осветлителя. Фильтрация ЖРО и конструкции основных видов фильтров. Дистилляция ЖРО. Конструкции выпарных аппаратов. Многокорпусные выпарные установки. Ионный обмен. Ионоселективная сорбция. Дегазация. Конструкция деаэратора-дегазатора. Обратный осмос. Электродиализ. Флотация и вымораживание. Принцип разбиения ЖРО на группы. Группы ЖРО для современных энергетических реакторов. Схема спецводоочисток СВО-1, СВО-2, СВО-3, СВО-4, СВО-5, СВО-6, СВО-7. Общая схема СВО для энергоблока ВВЭР-1000. Общая схема СВО для энергоблока РБМК-1000. Схема обработки ЖРО для энергоблоков ВВЭР нового поколения. Обобщенная схема обработки ЖРО АЭС России. Варианты переработки ЖРО при выводе энергоблоков из эксплуатации в приложении к энергоблокам ВВЭР-440, ВВЭР – 1000, РБМК-1000. Особенности обращения с радиоактивными отходами, образовавшимися при выводе энергоблока из эксплуатации.Временное хранение ЖРО на промплощадке АЭС. Отверждение переработанных ЖРО. Установки битумирования. Установки цементирования. Установки остекловывания. Включение продуктов переработки ЖРО в керамическую матрицу. Оценка безопасности временного хранения переработанных и отверждённых ЖРО. Источники твёрдых радиоактивных отходов (ТРО). Дезактивация ТРО. Способы дезактивации ТРО реакторов ВВЭР и РБМК. Дезактивация контуров с натриевым теплоносителем. Методы компактирования ТРО. Контейнеризация и транспортировка ТРО. Обращение с металлическими радиоактивными отходами. Обращение с отработавшим графитом после демонтажа кладок реакторов РБМК-1000. Оценка степени загрязненности графита продуктами деления. Возможные концепции удаления РАО из окружающей среды. Анализ вариантов и критериев длительного хранения РАО. Концепция захоронения РАО. Критерии выбора площадки для хранения и захоронения РАО. Анализ варианта приповерхностного хранения РАО. Рассмотрение концептуальных вариантов глубинного захоронения РАО. Критерии надёжности захоронения РАО. Оценка вариантов альтернативных концепций окончательной локализации РАО.

**Аннотация дисциплины**

# Современные проблемы атомной энергетики – Б1.В.ДВ.1.3

**Цель дисциплины:** ознакомление с современными проблемами и перспективами развития ядерной энергетики.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 6.

**Содержание разделов:** Технологический процесс преобразования химической энергии топлива в электроэнергию на ТЭС. Устройство ТЭЦ. Устройство современной высокотемпературной ГТУ. Преимущества, недостатки и области применения ГТУ. Понятие о парогазовых энергетических технологиях и устройство простейшей ПГУ. Классификация ПГУ, их типы, преимущества и недостатки. Место ядерной энергетики в мире, России и в ее европейской части. Ресурсы, потребляемые АЭС, её продукция и отходы производства. Представление о ядерных реакторах различного типа. Преимущества и недостатки АЭС по сравнению с ТЭС. Текущее положение и перспективы строительства АЭС в России и за рубежом. Новое поколение реакторов корпусного типа. Зарубежные проекты EPR, System 80+, APWR, AP-1000. Российские проекты ВВЭР: АЭС-2006, ВВЭР-ТОИ, ВВЭР-СКД. Многопетлевой канальный энергетический реактор (МКЭР). Основные направления улучшения технико-экономических показателей. Высокотемпературные реакторы повышенной безопасности: основные положения концептуального проекта и основные компоненты активной зоны. Состояние и перспективы развития реакторов на быстрых нейтронах. Атомные станции децентрализованного энергоснабжения. Атомная станция теплоснабжения малой мощности. Автономные ядерные энергоустановки на основе малогабаритных быстрых реакторов. Безопасность АЭС. Экономичность вырабатываемой электроэнергии. Вывод из эксплуатации блоков АЭС. Нераспространение ядерного оружия. Накопление радиоактивных отходов. Экономические аспекты использования ядерной энергии. Составляющие издержек производства электроэнергии на АЭС. Снятие АЭС с эксплуатации. Экономические последствия тяжелых аварий. Социальные аспекты развития ядерной энергетики. Источники радиоактивного загрязнения. Захоронение радиоактивных отходов АЭС. Дезактивация технологического оборудования, зданий и сооружений. Совершенствование проектных и конструкторских решений по эксплуатации и повышению безопасности. Управление сроком службы ЯЭУ.

**Аннотация дисциплины**

# Наладка и эксплуатация оборудования АЭС – Б1.В.ДВ.2.1

**Цель дисциплины:** изучение содержания и сущности процесса ввода в эксплуатацию, натурных испытаний при вводе в эксплуатацию, инженерной поддержки и сопровождения эксплуатации АЭС.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Краткое содержание тематики курса. Современное состояние и перспективы развития атомной энергетики в России и в мире, включая ввод новых мощностей и продление эксплуатации действующих энергоблоков. Новые перспективные проекты АЭС. Требования к подготовке квалифицированных кадров для ввода в эксплуатацию и эксплуатации АЭС. Общая характеристика процесса ввода в эксплуатацию. Последовательность и состав работ по вводу в эксплуатацию. Организация работ по вводу в эксплуатацию на площадке АС. Лицензирование и получение разрешений на право производства работ по вводу в эксплуатацию. Руководство и управление вводом в эксплуатацию. Суть и требования культуры безопасности при эксплуатации АЭС. Обеспечение безопасности при вводе в эксплуатацию. Основные выводы из аварий на АЭС «Три Майл Айленд» (США), на 4-ом энергоблоке Чернобыльской АЭС и на АЭС «Фукусима». Актуализация и создание системы регулирования ввода в эксплуатацию. Структура и состав документов, регулирующих ввод в эксплуатацию. Управление системой обеспечения качества ввода в эксплуатацию. Развитие регулирования процесса ввода в эксплуатацию. Нормативная документация по вводу в эксплуатацию. Пусконаладочная документация. Натурное экспериментальное обоснование эксплуатации АЭС. Цели и условия натурных испытаний при вводе в эксплуатацию. Требования к составу испытаний при вводе в эксплуатацию. Критерии успешности испытаний. Оптимизация испытаний оборудования и сооружений при вводе в эксплуатацию. Технические требования готовности систем, оборудования и помещений энергоблоков атомных станций с реакторами ВВЭР и РБМК к этапам ПНР. Состав и цели предпусковых наладочных работ. Назначение и задачи физического пуска реактора. Назначение и задачи энергетического пуска энергоблока. Состав и цели опытно-промышленной эксплуатации. Условия перехода с одного этапа (подэтапа) ввода энергоблока АС в эксплуатацию на следующий этап (подэтап). Комплексные испытания систем внутриреакторного контроля ВВЭР. Обоснование сейсмической безопасности при вводе в эксплуатацию. Основные задачи инженерной поддержки ввода в эксплуатацию и эксплуатации АЭС. Управление несоответствиями при вводе в эксплуатацию. Анализ отказов и дефектов оборудования при вводе в эксплуатацию. Анализ продолжительности работ на этапах ввода в эксплуатацию. Риски при вводе в эксплуатацию. Методика оценки рисков при сооружении и вводе в эксплуатацию и их влияния на сроки ввода в эксплуатацию. Проектные ограничения и учет циклов нагружения оборудования РУ. Испытания и ресурс узлов и элементов реакторной установки. Методы контроля повреждаемости и остаточного ресурса при вводе в эксплуатацию и эксплуатации. Методология контроля остаточного ресурса оборудования и трубопроводов реакторных установок ВВЭР с использованием автоматизированной системы (САКОР). Система пусконаладочных измерений реакторной установки (СПНИ). Методология диагностики оборудования АЭС. Мониторинг технологических процессов на энергоблоке АЭС. Прогнозирование технологических нарушений эксплуатации оборудования АЭС. Международная практика оптимизации технического обслуживания и ремонта оборудования атомных станций. Риск-ориентированный подход при выборе стратегии ТОиР. Принципы перехода на стратегию ремонта в зависимости от технического состояния и оценки риска отказа на примере электроприводной арматуры. Организация ремонта оборудования по техническому состоянию с использованием средств технического диагностирования. Процедура принятия решения о продлении межремонтного периода или изменении категории ремонта оборудования. Типовой порядок перехода от регламентированного ТОиР к ремонту оборудования по техническому состоянию.

**Аннотация дисциплины**

# Газодинамика двухфазных сред – Б1.В.ДВ.2.2

**Цель дисциплины:** изучение газодинамических и акустических параметров однофазного и двухфазного теплоносителя АЭС в эксплуатационных и аварийных режимах.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** 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 пароводяной смеси в трубах. Неустановившееся движение сжимаемой двухфазной среды в трубах Уравнение сохранения массы. Уравнение сохранения количества движения. Телеграфные уравнения. Электроакустические аналогии. Эквивалентные схемы замещения канала с потоком однофазной и двухфазной среды. Акустический резонанс и волновое сопротивление. Акустическая схема первого контура реактора ВВЭР-1000. Условия возникновения двухфазного состояния теплоносителя в ВВЭР-1000. Акустические параметры теплоносителя АЭС. Собственная частота колебания давления теплоносителя (СЧКДТ), волновое сопротивление, добротность потока теплоносителя в первом контуре АЭС с ВВЭР-1000. Скорость звука в двухфазном теплоносителе. Расчет частот акустического резонанса в системе компенсации давления. Расчет СЧКДТ в переходных режимах. Расчет СЧКДТ в элементах акустической схемы первого контура АЭС с ВВЭР. Расчет СЧКДТ в пусковых режимах АЭС с ВВЭР и при работе АЭС в номинальном режиме. Расчет СЧКДТ, волнового сопротивления, добротности и полосы пропускания теплоносителя в петле первого контура АЭС с ВВЭР-1000. Прогнозирование возникновения виброакустических резонансов в оборудовании первого контура. Непроектные высокоцикловые нагрузки в оборудовании, вызванные вращением ГЦН на АЭС с ВВЭР- 1000. Методика построения картограмм активной зоны с указанием числа и места расположения ТВС, находящихся в зоне виброакустических резонансов с теплоносителем. Перспективные методы диагностирования, прогнозирования и предотвращения возникновения виброакустических резонансов в оборудовании АЭС. Расчет СЧКДТ при авариях с течью теплоносителя. Управление тяжелыми авариями. Повышение сейсмостойкости систем охлаждения реактора при землетрясении путем оптимизации теплогидравлических и акустических характеристик теплоносителя.

**Аннотация дисциплины**

# Экономика ядерной энергетики – Б1.В.ДВ.3.1

**Цель дисциплины:** изучение основных технологий ядерного топливного цикла, их влияния на технические и экономические показатели АЭС, методов расчета цены ядерного топлива, основ ценоообразования в энергетике, основ управления проектами, основ анализа конкурентоспособности атомной энергетики в сравнении с традиционной и альтернативной энергетикой.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Ядерное топливо и его основные характеристики. Связь характеристик ЯТ. Расчет массы ЯТ годовой перегрузки и полной загрузки РУ. Уран и его свойства. Важнейшие соединения урана. Получение и применение урана. Договор нераспространения и порог нераспространения. Стадии и технологии добычи и переработки урановой руды. Месторождения урана и их характеристики. Гидрометаллургическая переработка, ее стадии и технологии. Основы технологии изотопного обогащения урана. Характеристики производств разделения изотопов. Промышленные технологии разделения изотопов урана. Конструктивная реализация промышленных методов обогащения. Лабораторные и опытно-промышленные методы разделения. Характеристики технологий и производств изотопного обогащения. Расчет удельной и полной разделительной работы. Понятие разделительной мощности. Технико-экономические характеристики отдельных агрегатов и разделительных мощностей. Топливные циклы ядерной энергетики. Расчет цены ядерного топлива в РТЦ на природном уране. Цены на продукцию различных стадий ЯТЦ. Расчет цены ядерного топлива и стоимости ежегодной перегрузки. Замкнутый топливный цикл на обогащенном уране для реакторов на быстрых нейтронах. Расчет цены ЯТ в ЗТЦ. Капитальные затраты в создании ЗТЦ. Цена. Основные принципы ценообразования. Виды цен в энергетике. Схема ценообразования в энергетике. Практика ценообразования (свободный и регулируемый рынок). Экономический и технический факторы ценообразования. Управление, его цели и методы. Линейная, линейно-функциональная и матричная организационные структуры управления. Схема управления атомной энергетикой РФ. Структура концерна «Росэнергоатом». Цеховая оргструктура управления АЭС. Схема оперативного управления АЭС. Безцеховая структура управления АЭС. Понятие проекта. Треугольник проекта. Диаграмма Ганта. Современное программное обеспечение проектного управления. ТЭК РФ и его структура. «Энергетическая стратегия РФ…» и ее основные задачи. ТЭБ РФ, его характеристики и особенности. Характеристики мирового ТЭК и ТЭБ. Геологическая закономерность. Ядерная энергетика в РФ и мире. Этапы, проблемы и перспективы развития. Альтернативные источники энергии.

**Аннотация дисциплины**

# Исследования тепловых схем АЭС – Б1.В.ДВ.3.2

**Цель дисциплины:** изучение способов разработки универсальных математических моделей тепловых схем паротурбинных установок (ПТУ) АЭС и освоение работы с одной из таких моделей (с программой СХЕМА) для проведения расчетных исследований.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Задача исследования технологической схемы АЭС. Функциональные свойства АЭС. 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. 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. Способы моделирования тепловых схем на основе математических моделей элементов технологического оборудования. Примеры математических моделей элементов оборудования. Описание связей тепловой схемы в универсальной математической модели: с использованием указателей. Таблицы с задаваемыми логическими и физическими параметрами. Представление тепловой схемы в виде информационно-насыщенного графа. Способы описания связей вершин графа. Способы задания информационно-насыщенного графа тепловой схемы. Формирование массивов данных, необходимых для расчета тепловой схемы. Реализация математической модели на ЭВМ. Обеспечение удобства пользователей при подготовке исходных данных. Математическая модель тепловой схемы ПТУ на основе групп элементов технологического оборудования. Обоснование подхода, его преимущества. Обобщенные уравнения теплового баланса для различных систем паротурбинной установки: системы регенеративного подогрева питательной воды, теплофикационной установки, системы промежуточных сепарации и перегрева пара турбины. Матрицы, задающие структуру групп элементов оборудования. Обобщенное уравнение системы регенерации в матричной форме. Алгоритмы расчета и принципы построения универсальной программы расчета тепловых схем "СХЕМА". Задача оптимизации АЭС. Исходная информация, ее вероятностный характер. Оптимизируемые параметры. Полная и локальные задачи. Временной аспект задачи оптимизации; основные этапы ее решения в соответствии с системным подходом. Иерархия математических моделей для полной задачи оптимизации АЭЯ. Критерии оптимальности: приведенные годовые и интегральные затраты; функция приведения. Разность приведенных затрат как критерий оптимальности локальной задачи. Современные подходы к оптимизации в условиях неопределенности исходной информации. Возможности многокритериальной оптимизация.

**Аннотация дисциплины**

# Ядерные энергетические реакторы – Б1.В.ДВ.4.1

**Цель дисциплины:** изучение принципа работы и принципов конструирования современных ядерных энергетических реакторов, освоение методики выполнения тепло-гидравлического расчёта энергетических реакторов различных типов, изучение принципиальной схемы управления реактором и средств локализации аварий.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Реакция деления тяжёлых ядер как источник энерговыделения. Ядра-осколки и ядра-продукты. Дефект массы. Роль запаздывающих нейтронов. Различные виды ядерного топлива. Воспроизводящие изотопы. Коэффициент воспроизводства топлива. Принцип работы ядерного реактора. Состав и принципы компоновки ядерного энергетического реактора. Классификация ядерных энергетических реакторов. Основные типы энергетических реакторов. Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). Конструкции и физические особенности реактора ВВЭР. Компания реактора ВВЭР. Особенности перегрузки ядерного топлива. Проблема обеспечения безопасности работы ВВЭР. Реакторы ВВЭР повышенной безопасности. Конструкции и физические особенности водо-водяных кипящих реакторов. Конструкции реакторов с графитовым замедлителем. Реактор РБМК-1000. Проблема обеспечения безопасности работы реактора РБМК-1000. Особенности перегрузки ядерного топлива реактора РБМК-1000. Совершенствование конструкции реактора РБМК-1000 и модификации реактора РБМК-1000. Конструкции и физические особенности реакторов с графитовым замедлителем и газовым теплоносителем. Особенности перегрузки топлива для газоохлаждаемых реакторов. Реакторы на быстрых нейтронах. Конструкции, физические особенности и варианты компоновок реакторов на быстрых нейтронах Реакторы БН-600 , БН-800 и БН-1200. Свинцовоохлаждаемые реакторы на быстрых нейтронах. Конструкции реакторов БРЕСТ-300 и БРЕСТ-1200. Особенности перегрузки ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах. Роль реакторов на быстрых нейтронах в развитии ядерного топливного цикла. Конструкции и физические особенности тяжеловодных реакторов. Особенности перегрузки ядерного топлива применительно к тяжеловодным реакторам. Достоинства и недостатки существующих конструкции тяжеловодных реакторов. Гомогенные реакторы. Конструкции и физические особенности гомогенных реакторов на расплавленных солях. Перспективы развития гомогенных реакторов. Ядерные реакторы с твёрдым теплоносителем. Особенности экспериментальных конструкций реакторов с твёрдым теплоносителем. Энерговыделение в реакторе с твёрдым теплоносителем и проблемы организации теплоотвода. Перспективы применения реакторов с твёрдым теплоносителем. Гидравлические потери давления для случая применения однофазного теплоносителя. Потери давления применительно к кипящему теплоносителю. Расчёт потерь давления для случая применения двухкомпонентного теплоносителя. Потери напора для варианта применения твёрдого теплоносителя. Критические тепловые потоки. Кризис теплообмена для реакторов различных типов. Теплогидравлический расчёт энергетического ядерного реактора, охлаждаемого однофазным теплоносителем. Формирование расчётной ячейки. Расчёт распределения температуры по высоте твэла и по сечению расчётной ячейки. Расчёт температуры замедлителя для реакторов с графитовым замедлителем. Контроль работы энергетического ядерного реактора. Принципиальная схема управления ядерным энергетическим реактором. Штатные и аварийные режимы работы энергетического реактора. Нестационарные процессы в реакторе. Переходные режимы. Отравление реактора. Шлакование реактора. Проблемы безопасной эксплуатации энергетических ядерных реакторов. Анализ аварийных ситуаций и аварий, сопутствующих эксплуатации реакторов. Средства предупреждения аварий. Средства локализации аварий.

**Аннотация дисциплины**

# Электрическая часть АЭС – Б1.В.ДВ.4.2

**Цель дисциплины:** изучение электротехнического оборудования, режимов его работы и схем выдачи мощности на атомных электростанциях.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по профилю «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Электроэнергетика и ее роль в жизни современного общества. Место АЭС в электроэнергетике. Проблемы развития атомной энергетики. Общие сведения об электрической системе. Функциональные задачи и назначение всех элементов (генераторы, токопроводы, шины, кабели, изоляторы, выключатели всех типов, разъединители, разрядники, ограничители перенапряжений, трансформаторы блочные, трансформаторы собственных нужд, измерительные трансформаторы, средства измерения и защиты). Синхронные генераторы АЭС: конструкция, системы охлаждения, возбуждения (требования, назначение, принципиальные схемы). Включение в электрическую систему, режимы работы, понятие об устойчивости. Силовые трансформаторы: конструкции, системы охлаждения, нагрузочная способность. Примеры силовых трансформаторов. Трансформаторы собственных нужд на различных блоках действующих АЭС. Электрические схемы АЭС: структурные, принципиальные схемы блоков АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК. Электрические схемы распределительных устройств (РУ) АЭС 1 – 4 групп, области применения. Принципиальные электрические схемы собственных нужд на напряжениях 6 и 0,4 кВ переменного тока, а также схемы на постоянном токе. Агрегаты бесперебойного питания (АБП). Электрическая схема Балаковской, Курской, Нововоронежская АЭС.