ОСРБ 1-43 01 77-2017

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ПЕРЕПОДГОТОВКА РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ, ИМЕЮЩИХ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Специальность: 1-43 01 77 Эксплуатация атомных электрических станций
Квалификация: Инженер

ПЕРАПАДРЫХТОЎКА КІРУЮЧЫХ РАБОТНІКАЎ І СПЕЦЫЯЛІСТАЎ, ЯКІЯ МАЮЦЬ ВЫШЭЙШУЮ АДУКАЦЫЮ

Спецыяльнасць: 1-43 01 77 Эксплуатацыя атамных электрычных станцый
Кваліфікацыя: Інжынер

RETRAINING OF EXECUTIVES AND SPECIALISTS HAVING HIGHER EDUCATION

Speciality: 1-43 01 77 Operation of nuclear power plants
Qualification: Engineer

Издание официальное

Министерство образования Республики Беларусь

Минск

Ключевые слова: атомная электрическая станция, безопасность атомных электрических станций, выработка электрической и тепловой энергии, инженер, парогенератор, паротурбинные установки атомных электрических станций, эксплуатация атомных электрических станций, энергетика, ядерный энергетический реактор

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Белорусским национальным техническим университетом (Соломахо В.Л., д-р техн. наук, проф., Карницкий Н.Б., д-р техн. наук, проф., Буров А.Л., Грицель В.Г.)

2. ВНЕСЕН отделом повышения квалификации и переподготовки кадров Министерства образования Республики Беларусь по представлению ГУО «Республиканский институт высшей школы»

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 28.03.2017 г. № 28

4. ВЗАМЕН утвержденного постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 г. № 103

Издан на русском языке

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Переподготовка руководящих работников
и специалистов, имеющих высшее образование
Специальность: 1-43 01 77 Эксплуатация
атомных электрических станций
Квалификация: Инженер

Перападрыхтоўка кіруючых работнікаў
і спецыялістаў, якія маюць вышэйшую адукацыю
Спецыяльнасць: 1-43 01 77 Эксплуатацыя
атамных электрычных станцый
Кваліфікацыя: Інжынер

Retraining of executives and specialists
having higher education
Speciality: 1-43 01 77 Operation of nuclear power plants
Qualification: Engineer

Дата введения 2017-03-28

1 Область применения

Настоящий образовательный стандарт переподготовки руководящих работников и специалистов (далее – стандарт) распространяется на специальность 1-43 01 77 «Эксплуатация атомных электрических станций» как вид профессиональной деятельности, требующий определенных знаний, навыков и компетенций, а также на квалификацию «Инженер» как подготовленность работника к данному виду профессиональной деятельности.

Объект стандартизации (специальность с квалификацией) входит в группу специальностей 43 01 «Электроэнергетика, теплоэнергетика», направление образования 43 «Энергетика» согласно Общегосударственному классификатору Республики Беларусь «Специальности и квалификации».

Настоящий стандарт устанавливает требования, необходимые для обеспечения качества образования, и определяет содержание образовательной программы переподготовки руководящих работников и специалистов по вышеупомянутой специальности с целью соответствия образования установленным требованиям.

Издание официальное

Настоящий стандарт может быть также использован нанимателями при решении вопросов трудоустройства специалистов, предъявляющих дипломы о переподготовке.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующий технический нормативный правовой акт (далее – ТНПА):

- ОКРБ 011-2009 Специальности и квалификации.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ТНПА по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют термины, установленные в Кодексе Республики Беларусь об образовании, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 атомная электрическая станция: Совокупность ядерных и энергоустановок, предназначенных для производства, преобразования и распределения тепловой и электрической энергии.

3.2 безопасность атомной электрической станции: Свойство атомной электрической станции при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду установленными пределами.

3.3 вспомогательное оборудование атомной электрической станции: Тепломеханическое оборудование, обеспечивающее безопасную, экономичную и надежную работу основного оборудования.

3.4 инженер (в рамках специальности): Квалификация специалиста, обеспечивающего работу атомных электрических станций.

3.5 международное агентство по атомной энергии: Агентство, созданное в целях развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии.

3.6 основное оборудование атомной электрической станции: Оборудование, основной функцией которого является

производство рабочего тела, выработка и преобразование тепловой и электрической энергии.

3.7 паротурбинные установки атомной электрической станции: Установки по преобразованию энергии пара, получаемого из парогенератора, в работу, затрачиваемую на привод ротора электрогенератора.

3.8 системы (элементы) безопасности: Системы (элементы), предназначенные для выполнения функций безопасности. Системы и элементы безопасности по характеру выполняемых ими функций подразделяются на защитные, локализующие, обеспечивающие и управляющие.

3.9 топливно-энергетические ресурсы: Совокупность всех природных и полученных в результате преобразований видов топлива и энергии.

3.10 тепломеханическое оборудование атомной электрической станции: Оборудование, предназначенное для выработки, преобразования и использования тепловой и механической энергии.

3.11 эксплуатация атомной электрической станции: (в рамках специальности): Наименование специальности, предметной областью которой является деятельность, направленная на эффективное и безопасное функционирование атомных электрических станций.

3.12 энергосбережение: Организационная, практическая, научная, информационная и другая деятельность субъектов отношений в сфере энергосбережения, направленная на более эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

3.13 ядерный энергетический реактор: Комплекс систем и элементов атомной электрической станции, предназначенный для преобразования ядерной энергии в тепловую, включающий реактор и непосредственно связанные с ним системы, необходимые для его нормальной эксплуатации, аварийного охлаждения, аварийной защиты и поддержания в безопасном состоянии при условии выполнения требуемых вспомогательных и обеспечивающих функций другими системами станции.

4 Требования к образовательному процессу

4.1 Требования к уровню основного образования лиц, поступающих для освоения содержания образовательной программы

Лица, поступающие для освоения содержания образовательной программы переподготовки, должны иметь высшее образование по направлению образования 43 «Энергетика».

4.2 Требования к формам и срокам получения дополнительного образования взрослых по специальности переподготовки

Предусматриваются следующие формы получения образования по данной специальности переподготовки: очная (дневная), очная (вечерняя), заочная.

Устанавливаются следующие сроки получения образования по специальности переподготовки (далее – срок получения образования или продолжительность обучения) в каждой форме получения образования:

7,5 месяцев в очной (дневной) форме получения образования,

16,5 месяцев в очной (вечерней) форме получения образования,

13,5 месяцев в заочной форме получения образования.

Примечание – В зависимости от выбора формы итоговой аттестации учреждениям образования предоставляется возможность увеличить продолжительность обучения.

4.3 Требования к максимальному объему учебной нагрузки слушателей

Максимальный объем учебной нагрузки слушателей не должен превышать:

– 12-и учебных часов в день в очной (дневной) или заочной форме получения образования, если совмещаются в этот день аудиторные занятия и самостоятельная работа слушателей;

– 10-и учебных часов аудиторных занятий в день в очной (дневной) или заочной форме получения образования, без совмещения с самостоятельной работой в этот день;

– 10-и учебных часов самостоятельной работы слушателей в день в очной (дневной) форме получения

образования, без совмещения с аудиторными занятиями в этот день;

– 6-и учебных часов аудиторных занятий в день в очной (вечерней) форме получения образования, без совмещения с самостоятельной работой в этот день;

– 6-и учебных часов самостоятельной работы слушателей в день в очной (вечерней) или заочной форме получения образования, без совмещения с аудиторными занятиями в этот день.

4.4 Требования к организации образовательного процесса

Начало и окончание образовательного процесса по специальности переподготовки устанавливаются учреждением образования, реализующим соответствующую образовательную программу (далее – учреждение образования), по мере комплектования групп слушателей и определяются Графиком учебного процесса по специальности переподготовки для каждой группы слушателей.

Наполняемость учебных групп слушателей по специальности переподготовки, обучающихся за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов, рекомендуется обеспечивать в количестве 25-30 человек. Наполняемость учебных групп слушателей по специальности переподготовки, обучающихся за счет средств юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, физических лиц или средств граждан, устанавливается учреждением образования.

5 Требования к результатам освоения содержания образовательной программы

5.1 Требования к квалификации

5.1.1 Виды профессиональной деятельности:

– монтаж, наладка и эксплуатация основного и вспомогательного оборудования атомной электрической станции (далее – АЭС);

– техническое обслуживание и ремонт основного и вспомогательного оборудования АЭС;

– контроль и оценка надежности работы основного и вспомогательного оборудования, систем (элементов) безопасности АЭС;

– обеспечение безопасности АЭС.

5.1.2 Объекты профессиональной деятельности:

– цеха АЭС (реакторный, турбинный, химический и цех централизованного ремонта);

– основное и вспомогательное тепломеханическое оборудование АЭС;

– теплоэнергетические процессы и установки АЭС;

– нормативно-техническая документация, необходимая для функционирования и эксплуатации АЭС.

5.1.3 Функции профессиональной деятельности:

– выполнять монтаж и наладку основного и вспомогательного оборудования (далее – оборудования) АЭС;

– управлять технологическими процессами объектов АЭС;

– обеспечивать бесперебойную, безаварийную, безопасную и экономичную работу оборудования АЭС;

– обеспечивать своевременный ремонт и модернизацию оборудования АЭС;

– осуществлять технический надзор при проектировании и эксплуатации оборудования АЭС;

– обеспечивать надежность и безопасность работы оборудования АЭС, промышленную и ядерную безопасность;

– проводить анализы безопасности АЭС.

5.1.4 Задачи, решаемые при выполнении функций профессиональной деятельности:

– определение потребности производства в топливно-энергетических ресурсах и оборудовании;

– выбор оборудования АЭС;

– составление заявок на приобретение оборудования, материалов и запасных частей;

– подготовка оборудования АЭС для приемки в эксплуатацию, проверки и освидетельствования органами государственного надзора;

– проведение пусковой наладки оборудования АЭС;

– участие в испытаниях и приемке в эксплуатацию оборудования АЭС, в рассмотрении причин аварий, отказов в работе;

– разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий оборудования АЭС;

– испытание новых образцов оборудования АЭС;

– освоение нового оборудования и новых технологических процессов в атомной энергетике:

– участие в разработке автоматизированных систем управления (далее – АСУ) на АЭС;

– подготовка документации по техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования и систем АЭС;

– техническая диагностика элементов реакторных турбинных установок, их вспомогательных систем, а также систем безопасности;

– проведение своевременных и плановых проверок и ремонта оборудования АЭС, а также устранение возникших неполадок;

– оценка необходимости проведения капитальных ремонтов и модернизации оборудования АЭС;

– разработка и внесение предложений по модернизации оборудования, а также их реализация;

– подготовка необходимых документов для заключения договоров на ремонт оборудования с подрядными организациями;

– технический надзор за правильной эксплуатацией оборудования АЭС;

– технический надзор за применяемыми контрольно-измерительными, электротехническими и теплотехническими приборами;

– контроль обеспечения бесперебойной работы оборудования АЭС;

– контроль соблюдения инструкций по эксплуатации, техническому обслуживанию и надзору за оборудованием АЭС;

– контроль выполнения капитального и другого ремонта оборудования АЭС;

– расчет показателей надежности работы оборудования АЭС;

– технико-экономический анализ работы АЭС, оценка состояния технологических процессов объектов АЭС;

– анализ режимов работы оборудования АЭС;

– детерминистический и вероятностный анализы безопасности АЭС;

– разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий, по созданию безопасных условий труда;

– обеспечение соблюдения правил и норм охраны труда при эксплуатации и ремонте оборудования АЭС;

– учет экологических факторов в работе АЭС.

5.2 Требования к уровню подготовки

Переподготовка специалиста должна обеспечивать формирование следующих групп компетенций: социально-личностных, академических, профессиональных.

Слушатель, освоивший соответствующую образовательную программу переподготовки, должен обладать следующими **социально-личностными компетенциями**:

– знать идеологические, моральные, нравственные ценности государства и следовать им;

– уметь ориентироваться в процессах, происходящих в политической, социально-экономической и духовно-культурной сферах белорусского общества;

Слушатель, освоивший соответствующую образовательную программу переподготовки, должен обладать следующими **академическими компетенциями:**

– уметь учитывать вопросы экономической теории при решении производственных задач в области энергосбережения;

– уметь проводить сбор и анализ исходных данных, необходимых для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность энергетических предприятий;

– уметь проводить сбор, анализ и обработку данных, необходимых для решения поставленных экономических задач;

– уметь проводить системнымй и сравнительнымй анализ законодательных норм, регулирующих работу АЭС;

– уметь использовать знания по правовому регулированию обеспечения качества работ, проводимых на АЭС.

Слушатель, освоивший соответствующую образовательную программу переподготовки, должен обладать следующими **профессиональными компетенциями:**

– знать принцип работы, состав и принципиальную компоновку ядерного энергетического реактора (далее – реактора);

– знать классификацию реакторов и их основные типы;

– знать конструкции реакторов и их физические особенности;

– знать принципы организации теплоотвода в реакторах различных типов;

– уметь обеспечивать безопасное функционирование реактора;

– знать средства предупреждения и предотвращения аварий на реакторах и уметь применять их в профессиональной деятельности;

– уметь выполнять расчет и анализ режимов работы ядерного и теплоэнергетического оборудования АЭС;

– знать классификацию энергетических ресурсов;

– знать основные этапы развития ядерной энергетики, ее состояние в Республике Беларусь и в мире на современном этапе;

– знать основные свойства и технико-экономические показатели ядерного топлива, топливные циклы ядерной энергетики;

– уметь рассчитывать технико-экономические показатели АЭС;

– иметь навыки разработки режимов работы и расчета экономической и экологической эффективности внедряемых проектных и технологических решений при производстве электрической энергии с использованием ядерного топлива;

– знать принципы организации и планирования ремонтов оборудования АЭС;

– уметь выбирать оптимальный вариант ремонта оборудования на основе коэффициента эффективности, срока окупаемости и приведенных затрат;

– знать технологии оценки конкурентоспособности и экономической эффективности разрабатываемого оборудования и технологий;

– уметь проводить опытно-технологические исследования для создания и внедрения нового оборудования и технологий, их опытно-промышленной проверки и испытаний;

– знать основные концептуальные принципы обращения с радиоактивными отходами;

– знать и уметь применять альтернативные концепции удаления радиоактивных отходов;

– знать правила обращения, хранения, дезактивации и захоронения радиоактивных отходов АЭС;

– уметь рассчитывать количество жидких и твердых радиоактивных отходов при эксплуатации и выведении из эксплуатации АЭС с реакторами различного типа;

– знать характеристику парогенераторов и их место в тепловой схеме АЭС;

– знать конструкционные схемы парогенераторов, отличия в их конструкционных схемах;

– знать сущность процессов, протекающих при производстве пара;

– уметь рассчитывать и проектировать парогенераторы, знать пути совершенствования их конструкций;

– знать основные элементы турбин;

– знать классификацию и характеристики лопаточных решеток ступеней турбин, их геометрические характеристики и режимные параметры, аэродинамические характеристики;

– знать и уметь применять основные уравнения для расчета и анализа работы ступеней;

– уметь применять на практике знания по эксплуатации паротурбинных установок АЭС;

– знать виды ионизирующих излучений, их биологические эффекты;

– знать основные источники ионизирующих излучений;

– уметь оценивать радиационные риски и ущерб, наносимый различными источниками ионизирующего излучения;

– знать пути попадания радионуклидов в организм человека;

– уметь применять универсальные защитные таблицы для вычисления толщины защиты от источника ионизирующего излучения;

– знать области применения устройств постоянного тока, элементы электрических цепей и схемы их замещения;

– знать характеристику нелинейных элементов;

– знать технико-экономическое значение повышения коэффициента мощности;

– уметь рассчитывать параметры и эксплуатационные характеристики трансформаторов;

– уметь рассчитывать импульсные устройства, выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы постоянного напряжения;

–знать организацию службы охраны труда на АЭС;

– знать основные принципы и способы обеспечения радиационной безопасности;

– знать правила электро-, пожаро-, взрывобезопасности при обслуживании, монтаже и испытаниях основного и вспомогательного тепломеханического оборудования АЭС;

– уметь контролировать соблюдение персоналом правил технической эксплуатации оборудования АЭС, норм электро-, пожаро-, взрывобезопасности при обслуживании, монтаже и испытаниях оборудования АЭС;

– знать назначение и структуру автоматизированной системы диспетчерского управления ;

– знать критерии оптимального управления энергосистемой, электростанцией, энергоблоком;

– знать основные принципы построения автоматизированных систем управления (далее – АСУ) технологическими процессами АЭС;

– уметь производить математическое моделирование технологических процессов АЭС;

– знать понятие конструкционной прочности материалов, критерии конструкционной прочности;

– знать нормы и методы расчетов на прочность элементов тепломеханического оборудования АЭС;

– знать условия работы конструкционных материалов тепломеханического оборудования АЭС;

– требования, предъявляемые к конструкционным материалам тепломеханического оборудования АЭС;

– основные служебные свойства тепломеханического оборудования АЭС;

– знать и уметь применять методы диагностики, мониторинга и контроля тепломеханического оборудования АЭС;

– уметь применять системы диагностического мониторинга состояния тепломеханического оборудования АЭС;

– владеть методиками осуществления оперативного контроля за теплотехническим режимом и состоянием оборудования АЭС;

– иметь навыки осуществления контроля и проверки качества монтажа ядерного и теплоэнергетического оборудования и его приемки в эксплуатацию;

– знать основные принципы обеспечения безопасности АЭС;

– знать, системы безопасности АЭС: защитные, обеспечивающие, локализующие, управляющие;

– знать порядок и этапы ввода энергоблока в эксплуатацию;

– знать теоретические основы проведения детерминистических и вероятностных анализов безопасности АЭС;

– уметь проводить качественный и количественный, а также вероятностный анализы надежности систем безопасности АЭС;

– выполнять расчет показателей надежности работы систем и оборудования атомных электрических станций;

– знать типы регенеративных подогревателей, уметь проводить их тепловой расчет и определять геометрические характеристики;

– знать конструкции сетевых подогревателей, уметь проводить их тепловой расчет;

– знать классификацию и типовые конструкции деаэраторов, уметь их рассчитывать;

– знать типы испарителей и парообразователей и их конструкции;

– знать категории, материал и сортамент трубопроводов АЭС, критерии выбора материала и сортамента трубопровода;

– уметь проводить расчет центробежного насоса и определять размеры проточной части;

– знать конструкции конденсаторов и уметь проводить их тепловой расчет;

– знать типы градирен и их конструкции.

5.3 Требования к итоговой аттестации

Формой итоговой аттестации является государственный экзамен по учебным дисциплинам «Ядерные энергетические реакторы» и «Безопасность атомных электрических станций» или защита дипломной работы.

6 Требования к содержанию учебно-программной документации

6.1 Требования к типовому учебному плану по специальности переподготовки

Типовой учебный план по специальности переподготовки разрабатывается в одном варианте, когда общее количество учебных часов по плану составляет не менее 1000 учебных часов для групп слушателей, имеющих высшее образование по направлениям образования, не совпадающим с направлением образования, в состав которого входит данная специальность переподготовки.

Общее количество часов в типовом учебном плане по данной специальности переподготовки составляет 1090 часов.

Суммарный объем аудиторных занятий и самостоятельной работы слушателей не должен превышать 990 учебных часов.

Устанавливаются следующие соотношения количества учебных часов аудиторных занятий и количества самостоятельной работы слушателей:

в очной (дневной) форме получения образования – от 70:30 до 80:20;

в очной (вечерней) форме получения образования – от 60:40 до 70:30;

в заочной форме получения образования – от 50:50 до 60:40.

В часы, отводимые на самостоятельную работу по учебной дисциплине, включается время, предусмотренное на подготовку к текущей и итоговой аттестации.

Продолжительность текущей аттестации в очной (дневной) и заочной формах получения образования составляет 2 недели, в очной (вечерней) форме получения образования – 4 недели.

Продолжительность итоговой аттестации – 1 неделя для всех форм получения образования.

На компонент учреждения образования отводится 90 учебных часов.

На стажировку отводится 100 учебных часов. Продолжительность стажировки составляет 3 недели для всех форм получения образования.

Порядок проведения текущей и итоговой аттестации слушателей при освоении содержания образовательной программы определяется Правилами проведения аттестации слушателей, стажеров при освоении содержания образовательных программ дополнительного образования взрослых.

6.2 Требования к учебным программам по учебным дисциплинам специальности переподготовки

В типовом учебном плане по данной специальности переподготовки предусмотрены следующие компоненты:

– гуманитарные и социально-экономические дисциплины;

– общепрофессиональные дисциплины;

– дисциплины специальности.

Устанавливаются следующие требования к содержанию учебных программ по учебным дисциплинам специальности переподготовки.

6.2.1 Гуманитарные и социально-экономические дисциплины

Основы идеологии белорусского государства

Идеология и ее роль в жизнедеятельности современного общества. Культурно-исторические истоки и основания идеологии белорусского государства. Политическая, экономическая, социокультурная составляющие идеологии белорусского государства. Основные классические и современные идеологии. Динамика идеологических процессов. Государственные институты и идеологические процессы в Республике Беларусь. Конституция Республики Беларусь. Государственная политика в идеологической сфере. Информационно-идеологическое обеспечение внешней политики. Развитие социально-политических идей в Беларуси на современном этапе. Идеология устойчивого развития Республики Беларусь.

6.2.2 Общепрофессиональные дисциплины

Экономическая теория

Происхождение и содержание понятия «экономика». Понятие и использование экономических законов. Позитивный и нормативный экономический анализ. Формы общественного хозяйства и их эволюция. Потребительная и меновая стоимость товара. Условия превращения продукта в товар. Стоимость как историческая категория. Двойственный характер труда, воплощенного в товаре. Противоречие между конкретным и абстрактным, частным и общественным трудом. Закон стоимости. Влияние производительности труда на стоимость товара. Структура рынка. Переходная экономика. Преобразование структуры народного хозяйства. Международная экономика (хозяйство, сущность, структура). Теория трудовой стоимости классической политэкономии. Теории спроса и предложения. Теория издержек производства.

Хозяйственное право

Понятие, предмет, метод и источники хозяйственного права. Понятие и система хозяйственного законодательства. Хозяйственные правоотношения. Понятие, формы и виды хозяйственной деятельности. Субъекты хозяйственного права. Правовое регулирование обеспечения качества продукции, работ, услуг. Законодательство о защите прав потребителей. Понятие и правовое регулирование стандартизации. Понятие и значение сертификации. Сертификат соответствия и знак соответствия. Лицензирование отдельных видов деятельности. Компетенция лицензионных органов. Разрешение спорных ситуаций на основании действующего законодательства. Банкротство субъектов хозяйствования. Правовой режим имущества субъектов хозяйствования.

6.2.3 Дисциплины специальности

Ядерные энергетические реакторы

Ядерный энергетический реактор как источник энерговыделения. Принцип работы, состав и принципиальная компоновка реактора. Классификация реакторов, их основные типы. Водо-водяные реакторы. Конструкции реакторов и их физические особенности. Конструкции и физические особенности кипящих реакторов. Реакторы с графитовым замедлителем. Конструкции и физические особенности реакторов с графитовым замедлителем и водным теплоносителем. Конструкции и физические особенности

реакторов с графитовым замедлителем и газовым теплоносителем. Особенности перегрузки топлива в реакторах различных типов. Реакторы на быстрых нейтронах. Тяжеловодные реакторы. Гомогенные реакторы. Энерговыделение в реакторе и организация теплоотвода. Энерговыделение в активной зоне реактора, в корпусе, в конструкционных материалах, в элементах биологической защиты. Распределение энерговыделения. Организация теплоотвода в реакторах различных типов. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Эффекты реактивности. Остаточное энерговыделение. Организация теплоотвода в реакторах различных типов. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Эффекты реактивности. Гидродинамика и теплообмен в реакторах. Особенности регулирования мощности и режимы работы реакторов. Вопросы безопасности реакторов. Средства предупреждения и предотвращения аварий. Анализ режимов работы реакторов.

Экономика и организация производства на атомных электрических станциях

Классификация энергетических ресурсов. Понятие о топливно-энергетическом комплексе страны. Условное топливо. Запасы, структура и анализ потребления первичных энергоресурсов в мире. Основные этапы развития ядерной энергетики. Состояние ядерной энергетики в Республике Беларусь и в мире на современном этапе. Роль Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Ядерное топливо: основные свойства, технико-экономические показатели. Топливные циклы ядерной энергетики. Расчет производительности энергетических предприятий и цены продукции. Основные и оборотные фонды энергосистемы. Капитальные вложения в энергетике. Основные фонды и производственные мощности в энергетике, их сущность и роль в расширенном воспроизводстве. Структура основных фондов энергетических предприятий и факторы, ее определяющие. Экономическое значение повышения роли активной части основных фондов. Методы оценки основных фондов. Норма амортизации и методы ее определения. Использование амортизационных отчислений. Капитальный ремонт и модернизация оборудования. Экономическая сущность, классификация и структура оборотных фондов энергопредприятий. Оборотные средства, особенности их состава и использования в энергосистеме. Нормируемые и ненормируемые оборотные средства. Расчет необходимых

оборотных средств. Оборачиваемость оборотных средств. Показатели и пути ускорения оборачиваемости оборотных средств. Экономическое значение сокращения производственных запасов оборотных средств и применения экономически обоснованных норм их расхода. Структура капитальных вложений в энергетические объекты. Сметная стоимость строительства энергетических объектов. Основные направления повышения эффективности капитальных вложений. Себестоимость продукции энергетических предприятий. Расчет себестоимости производства электрической энергии на АЭС. Ценообразование, прибыль и рентабельность в энергетике. Расчет технико-экономических показателей атомных и тепловых электростанций. Планирование в ядерной энергетике. Нормирование энергетических ресурсов. Организация и планирование ремонтов оборудования атомных и тепловых электростанций. Выбор оптимального варианта ремонта на основе коэффициента эффективности, срока окупаемости и приведенных затрат. Применение методики технико-экономических расчетов при обосновании внедрения новой техники. Эффективность энергосберегающих мероприятий.

Обращение с радиоактивными отходами атомных электрических станций

Основные концептуальные принципы обращения с радиоактивными отходами. Обработка газообразных радиоактивных отходов. Способы обработки жидких радиоактивных отходов. Источники жидких радиоактивных отходов (далее – ЖРО). Системы обращения, способы обработки ЖРО. Обработка ЖРО при выводе энергоблока из эксплуатации. Временное хранение ЖРО. Обращение с твердыми радиоактивными отходами. Дезактивация твердых радиоактивных отходов (далее – ТРО) и оборудования энергоблоков с различными реакторами. Хранение ТРО. Контейнеризация и транспортировка ТРО. Обращение с радиоактивными металлическими отходами. Глубокая дезактивация радиоактивных металлических отходов (далее – РМО). Переплавка, радиоактивный контроль, хранение РМО. Альтернативные концепции удаления радиоактивных отходов. Виды активности теплоносителя и ее расчет. Инженерно-геологические исследования по выбору площадки могильника-захоронения. Расчет количества жидких и твердых радиоактивных отходов при эксплуатации и выведении из эксплуатации АЭС с реакторами различного типа. Захоронение радиоактивных отходов (далее – РАО) подводными лавинами.

Дезинтеграция РАО подземными ядерными взрывами. Космическая изоляция РАО. Самозахоронение высокоактивных РАО.

Парогенераторы атомных электрических станций

Характеристика парогенераторов. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Конструкционные схемы парогенераторов. Парогенераторы, обогреваемые водой под давлением. Парогенераторы с погруженной поверхностью теплообмена и естественной циркуляцией рабочего тела. Горизонтальные парогенераторы с коллекторной раздачей теплоносителя. Вертикальные парогенераторы с трубной доской. Парогенераторы с внутрикорпусными раздающими теплоноситель коллекторами. Прямоточные парогенераторы. Особенности конструкционных схем парогенераторов с газообразными теплоносителями. Сравнение конструкционных схем отечественных и зарубежных парогенераторов. Конструкционные схемы парогенераторов с жидкометаллическим теплоносителем. Конструкции парогенераторов. Конструкции парогенераторов, обогреваемых водой под давлением, жидкими металлами, газовыми теплоносителями. Пути совершенствования конструкций парогенераторов. Процессы, протекающие при производстве пара. Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена. Расчет и проектирование парогенераторов. Анализ режимов работы парогенераторов.

Турбины атомных электрических станций

Основные элементы турбин. Классификация и характеристики лопаточных решеток ступеней турбомашин, геометрические характеристики и режимные параметры, аэродинамические характеристики. Основные уравнения для расчета и анализа работы ступеней. Осевая турбинная ступень. Теория турбомашин. Многоступенчатые турбины. Паровые турбины. Эрозия в турбинах АЭС, ее основные виды и механизмы. Значение предельной влажности в турбоагрегатах. Методы предупреждения эрозии. Устройство турбин АЭС. Конструкции турбин, лопаток, дисков, роторов, диафрагм, корпусов и других элементов турбин. Определение аэродинамических характеристик проточной части на перегретом и влажном паре. Расчет турбинной ступени на перегретом и влажном паре. Расчет числа ступеней и распределение теплоперепадов в цилиндрах многоступенчатой турбины**.** Расчет элементов проточной части высокого давления влажнопаровой турбины АЭС. Расчет первой ступени по

среднему диаметру. Определение числа последующих ступеней и распределения теплоперепадов между ступенями. Тепловые схемы паротурбинных установок. Конденсационные устройства паровых турбин. Системы маслоснабжения, регулирования и защиты турбин. Эксплуатация турбинной установки, в том числе режимы работы, аварии и неполадки, условия безопасной работы.

Защита от ионизирующих излучений

Виды ионизирующих излучений, процесс передачи их энергии веществу. Биологические эффекты излучений. Радиационный риск и ущерб. Нормы радиационной безопасности. Радиоактивные газоаэрозольные выбросы и жидкие сбросы на АЭС. Основные характеристики источников гамма-излучения. Соотношение между активностью и массой источника. Определение мощности экспозиционной дозы, создаваемой точечным изотропным источником. Закон ослабления интенсивности для широкого пучка гамма-квантов. Факторы накопления рассеянного излучения для числа гамма-квантов, интенсивности и экспозиционной дозы. Зависимость дозовых факторов накопления от энергии гамма-квантов, толщины, состава и геометрии гомогенной защиты. Расчет дозовых факторов для изотропного источника и бесконечной геометрии защиты. Определение мощности экспозиционной дозы, создаваемой плоским и объемным изотропным источником гамма-излучения с защитой. Расчет интегральных экспонент второго рода по аппроксимационным и рекуррентным формулам. Пути попадания радионуклидов в организм человека. Применение универсальных защитных таблиц для вычисления толщины защиты от объемного источника. Вычисление толщины защиты от гамма-излучения технологического оборудования с поверхностной активностью.

Электротехника и электроника

Области применения устройств постоянного тока. Элементы электрических цепей и схемы их замещения. Режимы работы элементов электрических цепей. Мостовые электрические цепи, потенциометры и делители напряжения. Нелинейные элементы и их характеристика. Способы представления синусоидальных величин. Мощность цепей синусоидального тока. Коэффициент мощности. Технико-экономическое значение повышения коэффициента мощности и способы компенсации реактивной мощности. Коэффициент реактивной мощности. Области применения электроизмерительных приборов и оборудования. Расчет

параметров и эксплуатационных характеристик трансформаторов. Расчет режимов работы асинхронных двигателей и синхронных машин. Роль и задачи электроники как технической основы автоматизации. Полупроводниковые материалы. Электронные и полупроводниковые приборы. Определение параметров диодов и транзисторов. Расчет импульсных устройств, выпрямителей, сглаживающих фильтров, стабилизаторов постоянного напряжения.

Охрана труда и ядерная безопасность

Вопросы охраны труда в Конституции Республики Беларусь. Государственный надзор, общественный и ведомственный контроль в области охраны труда. Организация службы охраны труда на АЭС. Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве. Действие электрического тока на организм человека. Меры защиты от поражения электрическим током. Меры безопасности при монтаже, ремонтах и эксплуатации электроустановок и электрического оборудования. Пожарная безопасность при проведении огневых работ на энергетических объектах. Средства и методы тушения загораний. Государственный пожарный надзор, его организация и задачи. Пожарная опасность энергетических объектов, их специфические особенности. Источники радиационной опасности. Ионизирующие излучения. Основные принципы радиационной безопасности. Обеспечение ядерной безопасности в Республике Беларусь. Обращение с отработавшим ядерным топливом.

Автоматизированные системы управления на атомных электрических станциях

Понятие АСУ. Назначение и структура автоматизированной системы диспетчерского управления. Критерии оптимального управления энергосистемой, электростанцией, энергоблоком. Дистанционное управление. Теплотехнический контроль и сигнализация. Технологические защиты и блокировки. Автоматическое регулирование. Применение ЭВМ. Принципы автоматизированного управления технологическими объектами. Тепловые защиты основного оборудования. Логические элементы защит. Обеспечение надежности действия тепловых защит. Защита энергоблоков. Автоматическая защита вспомогательных установок. Способы регулирования и режимы работы энергоблоков. Регулирование активной мощности энергоблока. Автоматизация пусковых режимов. Организационная и функциональная структура АСУ.

Особенности технической реализации АСУ. Оптимальное управление технологическими процессами. Основные принципы построения АСУ технологическими процессами АЭС.

Конструкционные материалы и техническая диагностика тепломеханического оборудования атомных электрических станций

Понятие конструкционной прочности материалов. Критерии конструкционной прочности: надежность и долговечность. Коэффициенты запаса прочности. Нормы и методы расчетов на прочность элементов тепломеханического оборудования АЭС. Общие понятия о ресурсе эксплуатации тепломеханического оборудования и трубопроводов АЭС. Прогнозирование остаточного ресурса. Продление ресурса эксплуатации основного оборудования и трубопроводов АЭС. Условия работы конструкционных материалов тепломеханического оборудования АЭС. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам тепломеханического оборудования АЭС. Дефекты и повреждаемость металла тепломеханического оборудования АЭС. Основные служебные свойства тепломеханического оборудования: радиационная стойкость, коррозионная стойкость, жаропрочность и жаростойкость, эрозионная стойкость. Классификация и маркировка сталей и чугунов, цветных металлов и их сплавов. Цветные металлы и сплавы активной зоны. Конструкционные материалы корпуса реактора и других элементов ядерных энергетических установок. Задачи и методы диагностики и контроля тепломеханического оборудования АЭС. Разрушающий и неразрушающий контроль. Разрушающий контроль: механические испытания, структурный анализ, коррозионные испытания. Методы проведения неразрушающего контроля: визуальный, ультразвуковой, магнитный, проникающими веществами, радиациационный, вихретоковый. Системы диагностического мониторинга состояния основного и вспомогательного оборудования (оптические системы, термографический контроль, вибродиагностика).

Безопасность атомных электрических станций

Основные принципы обеспечения безопасности АЭС. Регулирование в области ядерной и радиационной безопасности. Основные регулирующие документы. Система норм безопасности МАГАТЭ. Содержание отчета по обоснованию безопасности АЭС. Системы безопасности АЭС.

Системы электроснабжения. Защитные системы безопасности. Обеспечивающие системы безопасности. Локализующие системы безопасности. Управляющие системы безопасности. Технологический регламент безопасной эксплуатации. Инструкции по эксплуатации. Инструкции по ликвидации аварий. Оценка проектной и эксплуатационной безопасности АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами. Мероприятия по повышению уровня безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС. Порядок и этапы ввода энергоблока в эксплуатацию. Надзор и контроль, осуществляемый регулятором за выполнением пуско-наладочных работ. Вероятностный анализ безопасности энергоблоков АЭС. Исходные базы данных по надежности АЭС. Обоснование перечня исходных событий. Качественный и количественный анализ надежности систем АЭС. Математические модели деревьев отказов и деревьев событий. Критерии успеха для основных систем. Отказы по общей причине. Учет действий и ошибок персонала. Учет внешних событий.

Вспомогательное оборудование атомных электрических станций

Типы регенеративных подогревателей. Схемы трубопроводов и арматура регенеративных подогревателей. Тепловой расчет регенеративных подогревателей и определение их основных геометрических характеристик. Сетевые подогреватели. Конструкции сетевых подогревателей. Тепловой расчет сетевых подогревателей. Деаэраторы и испарительные установки**.** Классификация и типовые конструкции деаэраторов. Деаэраторы вакуумные, атмосферные и повышенного давления. Расчет деаэраторов. Типы испарителей и паропреобразователей и их конструкции. Сепараторы и паровые промежуточные перегреватели АЭС с турбинами насыщенного пара. Трубопроводы АЭС. Категории, материал и сортамент трубопроводов. Трубопроводная арматура. Критерии выбора материала и сортамента трубопровода. Насосы АЭС. Тягодутьевые машины и компрессоры. Расчетные характеристики газовоздушных трактов и выбор тягодутьевых машин и компрессоров. Расчет центробежного насоса и определение размеров проточной части. Конденсаторы. Конструкции конденсаторов. Тепловой расчет конденсаторов. Градирни. Типы градирен и их конструкции. Типовые характеристики газовоздушных трактов и выбор тягодутьевых машин и компрессоров. Анализ режимов работы оборудования.

7. Стажировка

Стажировка слушателей образовательной программы переподготовки проводится с целью закрепления и углубления теоретических знаний, получения умений навыков, подбора и подготовки материалов, необходимых для выполнения дипломной работы, а также с целью их подготовки к самостоятельной профессиональной деятельности по специальности.

За время прохождения стажировки слушатели должны ознакомиться с:

– особенностями тепловой схемы и технологического процесса производства энергии на АЭС; назначением и условиями работы основного и вспомогательного оборудования АЭС;

– особенностями работы основных цехов и подразделений АЭС;

– структурой управления технологическими процессами на АЭС;

– конструкторской и проектной документацией и нормативно-справочной литературой;

– мероприятиями по организации безопасной эксплуатации и ремонта оборудования, вопросами охраны труда; правилами ядерной, радиационной и общей безопасности; мероприятиями по охране окружающей среды и повышению эффективности производства.

В процессе стажировки слушатели должны приобрести практический опыт:

– расчета и анализа тепловой схемы и показателей работы оборудования АЭС;

– выполнения технико–экономического обоснования принятых проектных решений; определения инженерных методов решения задач по повышению эффективности производства;

– разработки мероприятий по охране окружающей среды, ядерной, радиационной и общей безопасности и охране труда;

– проектирования энергетических объектов.