Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА
В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Утверждены
постановлением
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 10 декабря 2007 г.
№ 4

ПРАВИЛА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

НП-082-07

Введены в действие
с 1 июня 2008 г.

Москва 2007

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.039

ПРАВИЛА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК АТОМНЫХ СТАНЦИЙ. НП-082-07

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
Москва, 2006

Настоящие федеральные нормы и правила "Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций" определяют требования к обеспечению ядерной безопасности реакторных установок атомных станций при проектировании, конструировании, сооружении и эксплуатации.

Выпущены взамен Правил ядерной безопасности реакторных установок атомных станций ПБЯ РУ АС-89 с изменением № 1 и раздела 4 Правил ядерной безопасности атомных станций ПБЯ-04-74*.

Постановление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 декабря 2007 г. № 4 "Об утверждении и введении в действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций" зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 21 января 2008 г., регистрационный № 10951.

---

* Разработаны специалистами НТЦ ЯРБ с учетом замечаний и предложений следующих организаций: ФГУП "Государственный научно-исследовательский проектно-конструкторский институт Атомэнергопроект", ФГУП "Российский государственный концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях", ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара", ФГУП "Всероссийский проектный и научно-исследовательский институт комплексной энергетической технологии", ФГУП "Опытное конструкторское бюро "Гидропресс", ФГУП "Государственный научный центр Российской Федерации Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского", открытое акционерное общество "Новосибирский завод химконцентратов", ФГУП "Государственный научный центр Российской Федерации Научно-исследовательский институт атомных реакторов", ОАО "Машиностроительный завод", ОАО "Мурманское морское пароходство", ОАО "ТВЭЛ", ФГУП "Опытно-конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова", ФГУП "Горнохимический комбинат", ФГУП "Производственное объединение "Маяк", ФГУП "Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежаля", филиалы концерна "Росэнергоатом" Балаковская АЭС, Белоярская АЭС, Билибинская АЭС, Калининская АЭС, Кольская АЭС, Курская АЭС, Ленинградская АЭС, Нововоронежская АЭС, Смоленская АЭС, Управление ядерной и радиационной безопасности Агентства по атомной энергии, РНЦ "Курчатовский институт".

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений
Термины и определения
1. Назначение и область применения
2. Требования обеспечения ядерной безопасности, предъявляемые к реактору и другим системам, важным для безопасности
   - 2.1. Общие требования
   - 2.2. Активная зона и элементы ее конструкции
   - 2.3. Системы управления и защиты
     - 2.3.1. Общие требования
     - 2.3.2. Система аварийной защиты
     - 2.3.3. Управление нейтронным потоком и реактивностью
   - 2.4. Управляющие системы нормальной эксплуатации и управляющие системы безопасности
   - 2.5. Контур теплоносителя РУ (первый контур)
   - 2.6. Системы аварийного охлаждения активной зоны
   - 2.7. Устройства перегрузки и порядок проведения перегрузки активной зоны
     - 2.7.1. Устройства перегрузки
     - 2.7.2. Порядок проведения перегрузки
3. Обеспечение ядерной безопасности при вводе блока АС в эксплуатацию
   - 3.1. Физический пуск реактора
   - 3.2. Энергетический пуск блока АС
4. Обеспечение ядерной безопасности при эксплуатации
5. Контроль соблюдения правил

Приложение. Пределы повреждения твэлов и требования к коэффициентам реактивности для АС с наиболее распространенными в России типами РУ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	–	аварийная защита
АС	–	атомная станция
АСТ	–	атомная станция теплоснабжения
БН	–	реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем
БПУ (БЩУ)	–	блочный пункт (щит) управления
ВВЭР	–	водо-водяной энергетический реактор
КГО	–	контроль герметичности оболочки
ООБ	–	отчет по обоснованию безопасности
ПЗ	–	предупредительная защита
РБМК	–	реактор большой мощности канальный
РПУ (РЩУ)	–	резервный пункт (щит) управления
РУ	–	реакторная установка
СВБ	–	система, важная для безопасности
СУЗ	–	система управления и защиты
ТВС	–	тепловыделяющая сборка
твэл	–	тепловыделяющий элемент
УСБ	–	управляющие системы безопасности
УСНЭ	–	управляющие системы нормальной эксплуатации
ЭГП-6	–	энергетическая графитовая петельная реакторная установка

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В целях настоящего документа используются следующие термины и определения.

1. Аварийная защита:

- функция безопасности, заключающаяся в быстром переводе реактора в подкритическое состояние и в поддержании его в подкритическом состоянии;
- комплекс систем безопасности, выполняющий функцию АЗ.

2. Активная зона – часть реактора, в которой размещены ядерное топливо, замедлитель, поглотитель, теплоноситель, средства воздействия на реактивность и элементы конструкций, предназначенные для осуществления управляемой цепной ядерной реакции деления и передачи энергии теплоносителю.

3. Группа рабочих органов СУЗ – один или несколько рабочих органов СУЗ, объединенных по управлению в целях одновременного совместного перемещения и воздействия на реактивность.

4. Диагностика – функция контроля, целью которой является определение состояния работоспособности (неработоспособности) или исправности (неисправности) диагностируемого объекта.

5. Извлечение средств воздействия на реактивность – такое перемещение или изменение состояния средств воздействия на реактивность, которое приводит к вводу положительной реактивности (введение средств воздействия на реактивность приводит к вводу отрицательной реактивности).

6. Исполнительный механизм СУЗ – устройство, состоящее из привода, рабочих органов и соединительных элементов и предназначенное для изменения реактивности реактора.

7. Канал контроля – совокупность датчиков, линий связи, средств обработки сигналов и (или) представления параметров, предназначенных для обеспечения контроля в заданном проектом объеме.

8. Комплект аппаратуры АЗ – аппаратура системы управления и защиты, выполняющая в заданном проектом РУ объеме функции контроля и управления АЗ.

9. Максимальный запас реактивности – реактивность, которая может реализовываться в реакторе при удалении из активной зоны всех средств воздействия на реактивность и извлекаемых поглотителей для момента кампании и состояния реактора с максимальным значением эффективного коэффициента размножения.

10. Максимальный проектный предел повреждения твэлов – допустимые значения параметров и характеристик твэлов в условиях проектных аварий, превышение которых может приводить к разрушению твэлов.

11. Перегрузка активной зоны (перегрузка) – ядерно-опасные работы на РУ по загрузке, извлечению и перемещению ТВС (твэлов), средств воздействия на реактивность и других элементов, влияющих на реактивность, в целях их ремонта, замены и демонтажа.

12. Повреждение твэла – нарушение хотя бы одного из установленных для твэлов проектных пределов повреждения.

13. Предупредительная защита – функция, выполняемая управляющей системой нормальной эксплуатации блока АС, для предотвращения срабатывания аварийной защиты и (или) нарушений пределов и условий безопасной эксплуатации.

14. Привод СУЗ – устройство, предназначенное для изменения положения механического рабочего органа СУЗ и его удержания в фиксированном положении.

15. Рабочий орган АЗ – средство воздействия на реактивность, используемое в АЗ.

16. Рабочий орган СУЗ – средство воздействия на реактивность, используемое в СУЗ.

17. Разгерметизация твэла – повреждение твэла с нарушением целостности оболочки твэла типа газовой неплотности или прямого контакта ядерного топлива с теплоносителем.

18. Разрушение твэла – нарушение целостности конструкции твэла, в результате которой твэл утрачивает геометрию, обеспечивающую его проектное охлаждение.

19. Реакторная установка – комплекс систем и элементов АС, 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 АС. Границы РУ устанавливаются для каждой АС в проекте.

20. Сигнал АЗ – сигнал, формируемый в комплекте аппаратуры АЗ с целью инициировать срабатывание рабочих органов АЗ и поступающий в средства регистрации, а также на БПУ и РПУ для оповещения персонала.

21. Сигнал ПЗ – сигнал, формируемый и регистрируемый системами контроля и управления для инициирования функций ПЗ и оповещения персонала о возможных нарушениях нормальной эксплуатации.

22. Система остановки реактора – система, предназначенная для перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания его в подкритическом состоянии с помощью средств воздействия на реактивность.

23. Система управления и защиты – совокупность средств технического, программного и информационного обеспечения, предназначенных для обеспечения безопасного протекания цепной ядерной реакции деления.

Система управления и защиты – система, важная для безопасности, совмещающая функции нормальной эксплуатации и безопасности и состоящая из элементов управляющих систем нормальной эксплуатации, защитных, управляющих и обеспечивающих систем безопасности.

24. Средства воздействия на реактивность – технические средства, реализуемые в виде твердых, жидких или газообразных поглотителей (замедлителей, отражателей), изменением положения или состояния которых в активной зоне или отражателе обеспечивается изменение реактивности активной зоны реактора.

25. Тепловыделяющая сборка – машиностроительное изделие, содержащее ядерные материалы и предназначенное для получения тепловой энергии в ядерном реакторе за счет осуществления контролируемой ядерной реакции.

26. Тепловыделяющий элемент (твэл) – отдельная сборочная единица, содержащая ядерные материалы и предназначенная для получения тепловой энергии в ядерном реакторе за счет осуществления контролируемой ядерной реакции деления и (или) для накопления нуклидов.

27. Тяжелое повреждение активной зоны реактора – запроектная авария с повреждением твэлов выше максимального проектного предела, при которой может быть превышен предельно допустимый аварийный выброс радиоактивных веществ в окружающую среду.

28. Указатель положения рабочего органа СУЗ – устройство для определения положения рабочего органа СУЗ в активной зоне реактора.

29. Эквивалентная степень окисления оболочки – отнесенная к начальной толщине оболочки суммарная толщина эквивалентного слоя, который прореагировал бы с водяным паром в предположении, что весь местно-поглощенный кислород пошел на образование стехиометрического диоксида циркония ZrO_2,. В случае разгерметизации оболочки учитывается окисление как наружной, так и внутренней поверхности оболочки.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций распространяются на все проектируемые, конструируемые, сооружаемые и эксплуатируемые АС.

1.2. Настоящие Правила устанавливают требования к конструкции, характеристикам и условиям эксплуатации систем и элементов РУ, а также организационные требования, направленные на обеспечение ядерной безопасности при проектировании, конструировании, сооружении и эксплуатации РУ и АС.

1.3. Настоящие Правила разработаны на основе требований общих положений обеспечения безопасности АС, а также опыта проектирования, конструирования, сооружения и эксплуатации АС и конкретизируют требования общих положений обеспечения

безопасности АС в части обеспечения ядерной безопасности РУ и АС, за исключением требований к хранению и транспортированию ядерного топлива.

1.4. Ядерная безопасность РУ и АС определяется техническим совершенством проектов, требуемым качеством изготовления, монтажа, наладки и испытаний элементов и систем, важных для безопасности, их надежностью при эксплуатации, диагностикой технического состояния оборудования, качеством и своевременностью проведения технического обслуживания и ремонта оборудования, контролем и управлением технологическими процессами при эксплуатации, организацией работ, квалификацией и дисциплиной персонала.

1.5. Ядерная безопасность РУ и АС обеспечивается системой технических и организационных мер, предусмотренных концепцией глубокоэшелонированной защиты, в том числе за счет:

- использования и развития свойств внутренней самозащищенности;
- использования систем безопасности, построенных на основе принципов независимости, разнообразия и резервирования; единичного отказа;
- использования надежных, проверенных практикой технических решений и обоснованных методик, расчетных анализов и экспериментальных исследований;
- выполнения требований нормативных документов по безопасности РУ и АС, соблюдения требований проектов РУ и АС;
- устойчивости технологических процессов;
- реализации систем обеспечения качества на всех этапах создания и эксплуатации АС;
- формирования и внедрения культуры безопасности на всех этапах создания и эксплуатации АС.

2. ТРЕБОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РЕАКТОРУ И ДРУГИМ СИСТЕМАМ, ВАЖНЫМ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Общие требования

2.1.1. Проектирование, сооружение и эксплуатация блока АС, а также конструирование и изготовление элементов РУ и АС должны осуществляться с соблюдением требований действующих нормативных документов по безопасности АС.

2.1.2. Сооружению АС должна предшествовать разработка проекта РУ и проекта АС. В проектах РУ и АС должны быть определены системы, важные для безопасности, их основные характеристики, надежность, срок службы, а также порядок их функционирования, условия эксплуатации, средства контроля и диагностики этих систем.

2.1.3. Изменение состава, конструкции и (или) характеристик РУ и ее систем, важных для безопасности, а также условий эксплуатации АС не может быть выполнено без внесения соответствующих изменений в проекты РУ и АС.

2.1.4. При разработке проекта РУ и (или) при модернизации активной зоны реактора с использованием новых конструкций ТВС, новых композиций ядерного топлива, совершенствовании СУЗ и других систем, важных для безопасности, должны быть выполнены необходимые стендовые и реакторные исследования. В проекте РУ должна быть показана достаточность проведенных исследований для доказательства выполнения критериев безопасности.

2.1.5. Для всех этапов жизненного цикла РУ и АС должны быть разработаны программы обеспечения качества.

2.1.6. В целях поддержания и подтверждения проектных характеристик системы (элементы) РУ и АС, важные для безопасности, должны проходить контроль и испытания в процессе изготовления, монтажа и наладки, а также периодическую проверку в процессе эксплуатации.

Проектами РУ и АС должны быть предусмотрены устройства, методики и периодичность проверок систем, важных для безопасности, на соответствие их проектным характеристикам, включая комплексное опробование (последовательности и времени про-

хождения сигналов, в том числе срабатывания АЗ, перехода на аварийные источники питания, обеспечения функций безопасности и т. д.).

Проектами РУ и АС должны быть определены перечни систем и элементов, работоспособность и характеристики которых проверяются на работающем или остановленном реакторе, с указанием состояния РУ и систем РУ и АС, важных для безопасности.

Устройства и методики проверки систем РУ и АС, важных для безопасности, и их элементов не должны влиять на безопасность АС.

2.1.7. Основным документом по обоснованию ядерной безопасности РУ является отчет по обоснованию безопасности АС (соответствующие разделы ООБ АС). Для АС, ООБ которых не разрабатывался, таким документом является действующее техническое обоснование безопасности (ТОБ) или отчет по углубленной оценке безопасности (ОУОБ). Разработка ООБ АС осуществляется эксплуатирующей организацией при соблюдении соответствия ООБ АС проектам РУ и АС.

2.1.8. В проектах РУ и АС должны быть установлены и представлены в ООБ АС перечень исходных событий проектных аварий и перечень запроектных аварий, классификация проектных и запроектных аварий по частоте возникновения и по тяжести последствий, а также анализ проектных и запроектных аварий и их последствий. В числе запроектных аварий необходимо рассмотреть аварии с тяжелым повреждением активной зоны.

2.1.9. При проектировании РУ следует стремиться к тому, чтобы оцененное на основе вероятностного анализа безопасности значение суммарной частоты тяжелого повреждения активной зоны не превышало 10^{-5} на реактор в год.

2.1.10. Проекты РУ и АС должны содержать анализ возможных отказов систем (элементов), важных для безопасности, с выделением опасных для РУ и АС отказов и оценкой их последствий на основе вероятностного и детерминистического анализа безопасности.

2.1.11. В проектах РУ и АС должны быть приведены и обоснованы эксплуатационные пределы и условия, пределы и условия безопасной эксплуатации, а также проектные пределы, установленные для проектных аварий.

2.1.12. В проектах РУ и АС каждой проектной аварии или группе аварий должны быть поставлены в соответствие проектные пределы для проектных аварий, которые не должны превышаться с учетом действия систем безопасности.

2.1.13. В проектах РУ и АС должно быть показано, что для проектных аварий с наиболее тяжелыми последствиями не превышается максимальный проектный предел повреждения твэлов.

Для остальных проектных аварий проектные пределы повреждения твэлов должны устанавливаться проектом РУ и иметь значения, меньшие максимального проектного предела повреждения твэлов.

Пределы повреждения твэлов для АС с наиболее распространенными типами РУ приведены в приложении.

Для проектируемых АС с другими типами РУ такие пределы должны быть обоснованы в проектах РУ и АС.

2.1.14. В проектах РУ и АС должен быть приведен перечень ядерно-опасных работ.

2.1.15. В проектах РУ и АС должны быть представлены перечни методик и программ, применяемых при обосновании безопасности и используемых в системах важных для безопасности. Используемые программы и методики должны быть верифицированы и аттестованы по установленным процедурам.

2.2. Активная зона реактора и элементы ее конструкции

2.2.1. Активная зона реактора должна быть спроектирована так, чтобы любые изменения реактивности при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, не приводили к нарушению соответствующих пределов повреждения твэлов.

Требования к коэффициентам реактивности реакторов АС с наиболее распространенными типами РУ приведены в приложении.

2.2.2. В проекте РУ должно быть показано, что при проектных авариях, связанных с быстрым увеличением реактивности, усредненная по поперечному сечению топливной таблетки (среднерадиальная) энтальпия топлива должна быть не выше предельного значения, устанавливаемого в проекте на основе экспериментальных данных, а также исключено разрушение твэлов и ТВС. Для запроектных аварий должны быть приведены условия, при которых возможно разрушение части твэлов и ТВС.

2.2.3. В проекте РУ должно быть установлено соответствие между пределами повреждения твэлов и активностью теплоносителя первого контура по реперным радионуклидам с учетом эффективности систем очистки теплоносителя.

2.2.4. Для обоснования выполнения требований к непревышению пределов безопасной эксплуатации по повреждению твэлов при нарушениях нормальной эксплуатации в проекте РУ должен быть выполнен анализ теплотехнической надежности активной зоны с обоснованием достаточности предусмотренных проектом РУ запасов.

2.2.5. Окисление оболочек твэлов в процессе эксплуатации РУ не должно приводить к их чрезмерному охрупчиванию. В проекте РУ должна быть обоснована (на основе экспериментальных данных) и приведена эквивалентная степень окисления оболочки твэлов при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

2.2.6. Для реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем должно быть показано, что при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, образование пустот в натриевом теплоносителе исключено.

2.2.7. Конструкция и исполнение активной зоны и ее элементов, включая ТВС и твэлы, должны быть такими, чтобы при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, не превышались соответствующие пределы повреждения твэлов с учетом:

- проектных режимов работы РУ, их количества и проектного протекания;
- силового (механического), теплового и радиационного воздействия на компоненты активной зоны;
- физико-химического взаимодействия материалов активной зоны и теплоносителя;
- предельных отклонений конструктивных, технологических характеристик и параметров процессов;
- ударных и вибрационных воздействий, термоциклического нагружения, радиационной и температурной ползучести, а также старения материалов;
- влияния продуктов деления и примесей в теплоносителе на прочность и коррозионную стойкость твэлов;
- других факторов, ухудшающих механические характеристики материалов активной зоны и целостность оболочек твэлов.

2.2.8. В проекте РУ и АС должна быть обоснована и обеспечена проектными техническими средствами возможность выгрузки поврежденных компонентов активной зоны после проектной аварии.

2.2.9. Активная зона и исполнительные механизмы СУЗ должны быть спроектированы так, чтобы исключались заклинивание, выброс рабочих органов или их самопроизвольное расцепление с приводами СУЗ.

2.2.10. В проекте РУ должно быть показано, что при непредусмотренном перемещении наиболее эффективных одного или группы рабочих органов СУЗ не происходит повреждение твэлов с нарушением пределов безопасной эксплуатации с учетом срабатывания АЗ без одного наиболее эффективного рабочего органа АЗ.

2.2.11. При нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, должна исключаться возможность непредусмотренных перемещений и (или) деформаций элементов активной зоны, вызывающих увеличение реактивности и ухудшение теплоотвода, приводящих к повреждению твэлов сверх соответствующих проектных пределов.

2.2.12. В проектах РУ и АС должно быть показано и обосновано, что при сейсмических воздействиях, свойственных площадке блока АС, обеспечивается беспрепятст-

венный ввод в активную зону рабочих органов регулирования и АЗ, а также надежный теплоотвод от активной зоны.

2.2.13. Характеристики активной зоны и средств воздействия на реактивность должны быть такими, чтобы введение в активную зону и (или) отражатель средств воздействия на реактивность для любой комбинации их расположения при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, обеспечивало ввод отрицательной реактивности на любом участке их движения.

2.2.14. Конструкция ТВС должна быть такой, чтобы формоизменения твэлов и других элементов ТВС, возможные при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, не вызывали перекрытие проходного сечения ТВС, приводящее к повреждению твэлов сверх соответствующих пределов, и не препятствовали нормальному функционированию рабочих органов СУЗ.

2.2.15. Конструкция ТВС должна иметь отличительные знаки, характеризующие нуклидный состав и обогащение ядерного топлива в твэлах, которые различаются визуально и (или) с помощью устройств перегрузки.

2.2.16. Твэлы различного обогащения, с выгорающим поглотителем в топливе, со смешанным топливом и т.п., специальные выгорающие поглотители в составе ТВС должны иметь отличительные знаки, которые различаются визуально и (или) с помощью промышленных средств контроля при сборке ТВС.

2.2.17. В проектах РУ и АС должны быть предусмотрены технические средства и методы контроля герметичности оболочек твэлов на остановленном и (или) работающем реакторе, которые должны обеспечивать надежное и своевременное обнаружение негерметичных ТВС (твэлов), и установлены критерии для отбраковки негерметичных твэлов (ТВС). В проекте РУ и АС должны быть приведены и обоснованы методики, используемые для контроля герметичности оболочек твэлов на остановленном и (или) работающем реакторе.

2.3. Системы управления и защиты

2.3.1. Общие требования

2.3.1.1. В состав РУ должны входить системы управления и защиты, предназначенные:

- для управления реактивностью активной зоны реактора и мощностью РУ;
- для контроля плотности нейтронного потока (мощности), скорости его изменения, технологических параметров, необходимых для защиты и управления реактивностью активной зоны реактора и мощностью РУ;
- для перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания его в подкритическом состоянии.

2.3.1.2. Состав, структура, характеристики и порядок работы СУЗ должны быть обоснованы в проекте РУ. Проект РУ должен содержать количественный анализ надежности, в котором должно быть представлено, что показатели надежности СУЗ соответствуют требованиям нормативных документов, регламентирующих такие показатели.

2.3.1.3. Проект РУ должен содержать анализ реакций СУЗ на внешние и внутренние воздействия (пожары, землетрясения, затопления, электромагнитные наводки и т. д.), на возможные неисправности и отказы (короткие замыкания, потерю качества изоляции, падение и наводки напряжения, ложные срабатывания, потери управления и т. д.), доказывающий отсутствие опасных для РУ реакций.

В случае выявления в процессе эксплуатации опасных для РУ реакций СУЗ, РУ должна быть остановлена и приняты меры по их исключению. Эксплуатирующая организация в установленном порядке должна обеспечить внесение соответствующих изменений в проект РУ.

2.3.1.4. В проекте РУ должны быть предусмотрены по меньшей мере две системы остановки реактора, каждая из которых должна быть способна, независимо одна от другой, обеспечивать перевод реактора в подкритическое состояние и поддержание его в подкритическом состоянии с учетом принципа единичного отказа или ошибки персонала.

Эти системы должны проектироваться с соблюдением принципов разнообразия, независимости и резервирования.

2.3.1.5. По крайней мере, одна из систем остановки реактора (не выполняющая функцию АЗ) при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, должна обладать:

- эффективностью, достаточной для перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания подкритического состояния с учетом возможного высвобождения реактивности;
- быстродействием, достаточным для перевода реактора в подкритическое состояние без нарушения проектных пределов повреждения твэлов, установленных для проектных аварий (с учетом действия систем аварийного охлаждения активной зоны).

2.3.1.6. В проекте РУ должны быть определены и обоснованы количество, эффективность, расположение, состав групп, рабочие положения, последовательность и скорости перемещения рабочих органов СУЗ (включая рабочие органы АЗ), а также количество приводов.

2.3.1.7. В проекте РУ должны быть определены и обоснованы методы и условия испытаний, замены и вывода в ремонт рабочих органов СУЗ, их приводов, а также других средств воздействия на реактивность.

2.3.1.8. Исполнительные механизмы СУЗ должны иметь указатели промежуточных положений их рабочих органов, сигнализаторы конечных положений и конечные выключатели, срабатывающие (по возможности) непосредственно от рабочего органа. Другие средства оперативного воздействия на реактивность должны иметь указатели состояний и (или) конечных положений.

2.3.1.9. Если проектом РУ предусмотрено использование при первом физическом пуске реактора дополнительной (к штатной) системы СУЗ, эта система должна соответствовать требованиям раздела 2.3 в части, относящейся к системе СУЗ.

2.3.2. Система аварийной защиты

2.3.2.1. По крайней мере, одна из предусмотренных систем остановки реактора должна выполнять функцию АЗ.

2.3.2.2. В проекте РУ должно быть показано, что системы остановки реактора, выполняющие функцию АЗ, без одного наиболее эффективного рабочего органа обладают:

- быстродействием, достаточным для перевода реактора в подкритическое состояние без нарушения пределов безопасной эксплуатации при нарушениях нормальной эксплуатации;
- эффективностью, достаточной для перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания подкритического состояния реактора при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

Если эффективность АЗ недостаточна для длительного поддержания реактора в подкритическом состоянии, в проекте РУ должно быть предусмотрено автоматическое подключение другой (других) системы (систем) остановки реактора, обладающей (обладающих) эффективностью, достаточной для поддержания подкритического состояния реактора с учетом возможного высвобождения положительной реактивности.

2.3.2.3. Аварийная защита должна иметь не менее двух независимых групп рабочих органов.

2.3.2.4. Аварийная защита должна быть спроектирована таким образом, чтобы начавшееся защитное действие было завершено с учетом требований п. 2.3.2.2 и обеспечивался контроль выполнения функции АЗ.

2.3.2.5. В проекте РУ должны быть указаны порядок определения и устранения причин, вызвавших срабатывание аварийной защиты, а также последовательность действий оперативного персонала по восстановлению нормальной эксплуатации РУ после срабатывания АЗ.

2.3.2.6. По сигналу АЗ рабочие органы АЗ должны приводиться в действие из любых рабочих или промежуточных положений.

2.3.2.7. Если рабочие органы АЗ не приведены в рабочее положение средствами воздействия на реактивность, предусмотренными проектом РУ, должен быть исключен ввод положительной реактивности. Рабочее положение рабочих органов АЗ и порядок их извлечения должны быть определены в проекте РУ.

2.3.2.8. В случае совмещения средствами воздействия на реактивность функций нормальной эксплуатации и аварийной защиты в проекте РУ разрабатывается и обосновывается порядок их функционирования. Должна быть обеспечена приоритетность функционирования АЗ.

2.3.2.9. Структура АЗ должна выбираться из условия выполнения установленных критериев (единичный отказ, отказ по общей причине) и показателей надежности.

2.3.2.10. Аппаратура АЗ должна состоять минимум из двух независимых комплектов.

2.3.2.11. Каждый комплект аппаратуры АЗ должен быть спроектирован таким образом, чтобы в диапазоне изменения плотности нейтронного потока от 10^{-7}% до 120% номинального обеспечивалась защита:

- по плотности нейтронного потока – не менее чем тремя независимыми каналами;
- по скорости нарастания плотности нейтронного потока – не менее чем тремя независимыми каналами.

2.3.2.12. В случае необходимости разбиения диапазона измерения плотности нейтронного потока на несколько поддиапазонов должно быть предусмотрено перекрытие поддиапазонов измерения не менее чем в пределах одного десятичного порядка в единицах плотности нейтронного потока и автоматическое переключение поддиапазонов.

Должна быть предусмотрена возможность подключения регистрирующего устройства к каждому каналу контроля плотности нейтронного потока.

2.3.2.13. Каждый комплект аппаратуры АЗ должен быть спроектирован таким образом, чтобы во всем диапазоне изменения технологических параметров, установленном в проекте РУ, обеспечивалась аварийная защита не менее чем тремя независимыми каналами по каждому технологическому параметру, по которому необходимо осуществлять защиту.

2.3.2.14. Аварийный сигнал от каждого комплекта аппаратуры АЗ должен реализовываться на основе мажоритарной логики, которая выбирается на основе анализа надежности, приводимого в проекте РУ. Минимальная мажоритарность равна 2 из 3.

Управляющие команды каждого комплекта для исполнительных механизмов АЗ должны передаваться минимум по двум каналам.

2.3.2.15. Допустимость объединения в каждом комплекте аппаратуры АЗ измерительных частей каналов контроля плотности нейтронного потока с измерительными частями каналов контроля скорости нарастания нейтронного потока должна быть обоснована в проекте РУ.

2.3.2.16. Аварийная защита должна быть в такой мере отделена от УСНЭ, чтобы вывод из работы или отказ любого элемента УСНЭ не влияли на способность аварийной защиты выполнять свои функции.

2.3.2.17. Отказ в канале контроля элементов отображения, регистрации информации и диагностики не должен влиять на способность этого канала выполнять функции аварийной защиты.

2.3.2.18. По каждому из каналов и в целом по комплекту аппаратуры аварийной защиты должна быть предусмотрена возможность проверки формирования и времени прохождения сигналов аварийной защиты без срабатывания рабочих органов АЗ.

2.3.2.19. В системе аварийной защиты должны быть предусмотрены автоматический контроль и диагностика исправности комплектов и каналов аппаратуры аварийной защиты с выводом информации на БПУ об отказах в каналах, а также формирование сигналов АЗ по отказам каналов или комплектов.

2.3.2.20. В проекте РУ должны быть приведены и обоснованы методики метрологической аттестации и поверок аппаратуры АЗ.

2.3.2.21. Допустимость и условия вывода из работы одного комплекта или одного канала в комплекте АЗ (продолжительность, мощность РУ, состояние других комплектов и т.п.) должны быть обоснованы в проекте РУ.

2.3.2.22. При выводе из работы одного канала в одном из комплектов аппаратуры АЗ без вывода данного комплекта из работы для этого канала должен автоматически формироваться аварийный сигнал.

2.3.2.23. Перечень параметров, по которым необходимо осуществлять функции аварийной защиты, уставки и условия срабатывания АЗ, а также время прохождения сигналов до начала срабатывания рабочих органов АЗ должны быть обоснованы в проекте РУ. Уставки и условия срабатывания АЗ должны выбираться таким образом, чтобы предотвращать нарушение пределов безопасной эксплуатации.

2.3.2.24. В проекте РУ должен быть приведен и обоснован перечень исходных событий, при которых требуется срабатывание АЗ.

2.3.2.25. Срабатывание АЗ должно происходить как минимум в следующих случаях:

- при достижении уставки АЗ по плотности нейтронного потока;
- при достижении уставки АЗ по скорости нарастания плотности нейтронного потока;
- при исчезновении напряжения в любом не выведенном из работы комплекте аппаратуры АЗ и шинах электропитания СУЗ;
- при отказе любых двух из трех каналов защиты по плотности нейтронного потока или по скорости нарастания нейтронного потока в любом не выведенном из работы комплекте аппаратуры АЗ;
- при достижении уставок АЗ технологическими параметрами, по которым необходимо осуществлять защиту;
- при инициировании срабатывания АЗ от ключа с БПУ (РПУ).

2.3.2.26. Допустимость применения предупредительной защиты (защит) при нарушениях нормальной эксплуатации, не требующих срабатывания АЗ, и условия ее (их) применения должны быть обоснованы в проекте РУ.

2.3.2.27. Аварийная защита должна быть спроектирована таким образом, чтобы с помощью технических средств исключалась возможность не предусмотренного проектом РУ и технологическим регламентом безопасной эксплуатации блока АС воздействия на элементы ввода и вывода из работы каналов АЗ и изменения уставок без оповещения персонала и без срабатывания рабочих органов АЗ.

2.3.2.28. Выполнение функции аварийной защиты реактора не должно зависеть от наличия и состояния источников электроснабжения.

2.3.3. Управление нейтронным потоком и реактивностью

2.3.3.1. Для контроля нейтронного потока реактор должен быть оснащен каналами контроля таким образом, чтобы во всем диапазоне изменения плотности нейтронного потока в активной зоне от 10^{-7} % до 120 % номинального значения контроль осуществлялся, как минимум:

- тремя независимыми друг от друга каналами измерения плотности нейтронного потока с показывающими приборами;
- тремя независимыми друг от друга каналами измерения скорости изменения плотности нейтронного потока.

2.3.3.2. Допустимость объединения измерительных частей каналов контроля плотности нейтронного потока с измерительными частями каналов контроля скорости изменения плотности нейтронного потока должна быть обоснована в проекте РУ.

2.3.3.3. По крайней мере, два из трех каналов контроля плотности нейтронного потока должны быть оснащены записывающими устройствами с возможностью их подключения к любому каналу контроля плотности нейтронного потока. Записывающие устройства должны обеспечивать возможность измерения и записи показаний во всем проектном диапазоне изменения плотности нейтронного потока.

2.3.3.4. Каналы контроля плотности нейтронного потока должны быть оттарированы во всем проектном диапазоне изменения тепловой мощности реактора. В проекте РУ должны быть обоснованы и определены методика и порядок проведения такой тарировки и ее периодичность в процессе эксплуатации блока АС.

2.3.3.5. В случае разбиения диапазона измерения плотности нейтронного потока на несколько поддиапазонов должно быть предусмотрено перекрытие поддиапазонов не менее чем в пределах одного десятичного порядка в единицах измерения плотности нейтронного потока и автоматическое переключение поддиапазонов.

2.3.3.6. Если каналы контроля плотности нейтронного потока, указанные в п. 2.3.3.1, не обеспечивают контроль нейтронного потока при загрузке (перегрузке) активной зоны, то реактор должен быть оснащен дополнительной системой контроля. Дополнительная система контроля может быть съемной, устанавливаемой на период загрузки и перегрузки активной зоны реактора, и должна иметь в составе не менее трех независимых каналов контроля плотности нейтронного потока с показывающими и записывающими устройствами.

2.3.3.7. Для контроля изменения реактивности в проекте РУ должен быть предусмотрен измеритель реактивности с датчиками, устройствами оперативного отображения, регистрации, с автоматическим переключением диапазонов плотности нейтронного потока и реактивности.

2.3.3.8. Методика и погрешности определения реактивности (количество и размещение датчиков, алгоритмы и константы для расчета, погрешности и диапазоны измерения) должны быть обоснованы в проекте РУ.

2.3.3.9. Каналы контроля реактивности должны оснащаться средствами автоматической проверки работоспособности и предупредительной сигнализации о неисправности.

2.3.3.10. В проекте РУ должны быть обоснованы и приведены методики метрологической аттестации и поверок каналов контроля реактивности.

2.3.3.11. В проекте РУ должны быть обоснованы и установлены характеристики системы автоматического регулирования мощности РУ, которые обеспечивают работу РУ без нарушения эксплуатационных пределов. Возможность и допустимое время работы РУ без системы автоматического регулирования мощности, в частности, при ее отказе, а также допустимая мощность РУ при работе в таком режиме должны быть обоснованы в проекте РУ.

2.3.3.12. При включении нескольких измерительных каналов на вход системы автоматического регулирования мощности должно быть предусмотрено устройство для получения сигнала от работающих измерительных каналов, чтобы отключение или отказ одного из этих каналов не вызывали изменение мощности реактора за счет воздействия системы автоматического регулирования.

2.3.3.13. Для РУ, перегрузка ядерного топлива которых осуществляется на остановленном реакторе, техническими мерами должна быть исключена возможность ввода положительной реактивности одновременно двумя и более предусмотренными средствами воздействия на реактивность, а также ввода положительной реактивности средствами воздействия на реактивность при загрузке (выгрузке) ядерного топлива.

2.3.3.14. Скорость увеличения реактивности средствами воздействия на реактивность не должна превышать 0,07 βэф/с. Для рабочих органов СУЗ с эффективностью более 0,7 βэф ввод положительной реактивности должен быть шаговым, с эффективностью шага не более 0,3 βэф (обеспечивается техническими мерами). В проекте РУ должны быть указаны величина шага, пауза между шагами и скорость увеличения реактивности.

2.3.3.15. Перед пуском реактора рабочие органы АЗ должны быть взведены в рабочее положение.

Подкритичность реактора в любой момент кампании после взведения рабочих органов АЗ в рабочее положение с введенными в активную зону остальными органами СУЗ должна быть не менее 0,01 в состоянии активной зоны с максимальным эффективным коэффициентом размножения.

2.3.3.16. Отказ канала контроля плотности и (или) скорости изменения плотности нейтронного потока должен сопровождаться сигнализацией оператору и регистрацией. При этом должен формироваться сигнал об отказе такого канала.

2.3.3.17. В проекте РУ должны быть приведены требования к средствам, обеспечивающим при эксплуатации оперативное автоматизированное определение и регистрацию значений текущего запаса реактивности активной зоны реактора и его изменений. В проекте РУ должны быть обоснованы порядок определения суммарной эффективности средств воздействия на реактивность, эффективности рабочих органов аварийной защиты, эффективности групп рабочих органов СУЗ, коэффициентов реактивности по параметрам, влияющим на реактивность (мощность, температура теплоносителя, температура замедлителя, концентрация растворенного поглотителя и т.п.), а также методики определения этих величин и погрешности их определения.

2.3.3.18. В проекте РУ должны предусматриваться средства и методики контроля подкритичности реактора.

2.3.3.19. В проекте РУ должны быть предусмотрены средства контроля неравномерности энерговыделения в активной зоне реактора и средства оперативного расчета запаса до кризиса теплообмена.

2.3.3.20. Для активных зон реактора, для которых не доказано отсутствие колебаний плотности потока нейтронов, в проекте РУ должны быть предусмотрены средства контроля и управления колебаниями плотности потока нейтронов и указан порядок управления колебаниями без нарушения эксплуатационных пределов повреждения твэлов.

2.4. Управляющие системы нормальной эксплуатации и управляющие системы безопасности

2.4.1. В проекте РУ должны быть представлены и обоснованы требования к составу, структуре, основным характеристикам, количеству и условиям размещения УСНЭ, УСБ, их элементов, а также систем диагностики РУ.

2.4.2. В проекте РУ должны быть обоснованы и приведены перечни:

- контролируемых параметров и сигналов о состоянии РУ;
- регулируемых параметров и управляющих сигналов;
- уставок и условий срабатывания ПЗ;
- мест размещения датчиков диагностики РУ;
- параметров, определяющих ввод в действие систем безопасности.

2.4.3. В проекте РУ должно быть показано, что УСНЭ и УСБ обеспечивают контроль технического состояния и безопасное управление РУ при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

2.4.4. В проекте РУ должны быть приведены и обоснованы перечни защит и блокировок оборудования РУ, а также технические требования к условиям их срабатывания.

2.4.5. В УСНЭ и УСБ должны быть предусмотрены устройства формирования как минимум следующих сигналов:

- аварийного оповещения (сирена, имеющая отличительный тон сигнала) – в случаях, предусмотренных проектом РУ;
- аварийных (световых и звуковых) – при достижении параметрами уставок и условий срабатывания АЗ;
- предупредительных (световых и звуковых) – при нарушениях нормальной эксплуатации систем и элементов РУ и достижении параметрами уставок и условий срабатывания ПЗ;
- указательных – о наличии напряжения в цепях электроснабжения, о состоянии оборудования.

2.4.6. Должна быть предусмотрена диагностика УСНЭ и УСБ.

2.4.7. УСНЭ и УСБ должны быть спроектированы таким образом, чтобы имелась возможность идентифицировать исходные события аварий, установить фактические алгоритмы работы систем РУ, важных для безопасности, отклонения от штатных алгоритмов и действия оперативного персонала.

2.4.8. С целью реализации требования п. 2.4.7 должна быть предусмотрена регистрация:

- параметров и признаков состояния систем (элементов) РУ, позволяющих достоверно определить исходное событие;
- управляющих сигналов;
- изменений параметров, характеризующих состояния систем РУ, важных для безопасности;
- параметров, по которым предусматривается ввод в действие защит;
- положения арматуры систем безопасности;
- параметров, характеризующих радиационную обстановку;
- действий оперативного персонала, включая и видеоинформацию;
- переговоров оперативного персонала по системам связи.

2.4.9. В проекте РУ должны быть обоснованы и приведены данные об объеме и интенсивности регистрации и хранении информации, указанной в п. 2.4.8.

2.4.10. Средства регистрации должны сохранять работоспособность и обеспечивать сохранение информации в условиях проектных и запроектных аварий (в устройстве типа "черный ящик").

2.4.11. В проекте РУ должны быть установлены:

- допустимые значения мощности реактора в зависимости от работоспособности УСНЭ при частичной потере функции;
- условия вывода в ремонт УСНЭ и УСБ и их частей.

2.4.12. Для регулируемых и контролируемых параметров должны быть обоснованы диапазоны и скорости их изменения при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

2.4.13. Элементы УСНЭ и УСБ должны проходить метрологическую экспертизу и аттестацию.

2.4.14. Проект РУ должен содержать анализ реакций УСНЭ и УСБ на внешние и внутренние воздействия, на возможные отказы и неисправности (короткие замыкания, потерю качества изоляции, падение и наводки напряжения, ложные срабатывания, потери сигналов и т.п.) и на отказы основного оборудования РУ, доказывающий отсутствие опасных для РУ реакций. В случае выявления в процессе эксплуатации опасных для РУ реакций УСНЭ и УСБ РУ должна быть остановлена и приняты меры по их исключению. Эксплуатирующая организация в установленном порядке должна обеспечивать внесение соответствующих изменений в проект РУ.

2.4.15. Использование в УСНЭ и УСБ программируемых и программных средств должно быть обосновано и подтверждено испытаниями. Используемые программируемые и программные средства должны быть верифицированы.

2.4.16. Управление РУ и ее системами должно производиться с БПУ и (при необходимости) с местных постов управления.

2.4.17. На каждом блоке, помимо БПУ, должен быть предусмотрен РПУ, с которого должны обеспечиваться перевод реактора в подкритическое состояние и аварийное расхолаживание РУ, а также контроль необходимых для безопасности РУ технологических параметров, если по каким-либо причинам (пожар и т.п.) этого нельзя сделать с БПУ.

2.4.18. Требования к составу оборудования и аппаратуры БПУ, РПУ и местных постов управления должны быть определены в проекте РУ.

2.4.19. На РПУ должна выводиться информация о состоянии систем и отдельных элементов систем, включая как минимум:

- плотность нейтронного потока в активной зоне;
- параметры теплоносителя и систем, участвующих в аварийном расхолаживании;
- указатели промежуточных и конечных положений рабочих органов СУЗ;
- указатели состояния средств воздействия на реактивность (состояние арматуры насосов и элементов, однозначно определяющее готовность средств воздействия на реактивность выполнять свои функции и факт их срабатывания, а также параметры состояния раствора жидкого поглотителя (в случае его использования) – температура, давление, концентрация и др.;

- указатели положения арматуры и состояния систем, обеспечивающих расхолаживание.

2.4.20. Должна быть исключена возможность вывода из строя цепей управления и контроля БПУ и РПУ по общей причине при учитываемых исходных событиях, а также исключена техническими средствами возможность управления одновременно с БПУ и РПУ по каждому конкретному элементу.

2.4.21. В реакторе, первом контуре, баках аварийного запаса жидкого поглотителя и во всех системах, заполняемых по проекту РУ (АС) раствором жидкого поглотителя, должны быть обеспечены заданные проектом РУ (АС) концентрации раствора жидкого поглотителя. Способ и периодичность измерения концентрации нуклида-поглотителя в растворе жидкого поглотителя должны определяться в проекте РУ (АС).

2.4.22. Должны быть предусмотрены технические средства контроля содержания нуклидов-поглотителей нейтронов в растворе жидкого или в газообразном поглотителях (в случае их использования) в РУ и в емкостях аварийного запаса поглотителя в процессе эксплуатации РУ, а также технические средства для поддержания равномерной концентрации раствора поглотителя в содержащих его емкостях.

2.4.23. Техническими средствами или организационными мерами должен быть обеспечен входной контроль содержания нуклидов-поглотителей нейтронов в материалах, используемых в средствах воздействия на реактивность, на соответствие проектным характеристикам.

2.4.24. Каждая емкость аварийного запаса раствора жидкого поглотителя должна быть оборудована не менее чем двумя каналами контроля уровня и (или) измерения давления с выдачей предупредительного сигнала на БПУ и РПУ.

2.4.25. При нормальной эксплуатации, при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии (в том числе режим полного обесточивания) УСНЭ и УСБ должны быть обеспечены надежным электро- и энергоснабжением в объеме, обоснованном в проекте РУ.

2.4.26. В состав УСНЭ должны входить система промышленного телевидения и средства связи с БПУ, РПУ и местными постами управления (телефонная, громкоговорящая связь, радиосвязь и т.п.).

2.4.27. В составе УСНЭ и УСБ должна быть предусмотрена система информационной поддержки оператора.

2.4.28. В УСНЭ и УСБ должны предусматриваться средства передачи информации во внешний и внутренний аварийные центры управления АС в условиях запроектных аварий для оценки ситуации и принятия решений.

2.4.29. В проекте РУ должны быть приведены организационные и (или) технические меры по исключению несанкционированного доступа к УСНЭ и УСБ.

2.5. Контур теплоносителя РУ (первый контур)

2.5.1. В проекте РУ должны быть определены границы первого контура.

2.5.2. В проекте РУ должна быть обоснована надежность эксплуатации элементов и систем первого контура в течение проектного срока службы с учетом физико-химических, тепловых, силовых и других воздействий, возможных при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии. Количество и характер воздействий, учитываемые при определении проектного срока службы, должны быть приведены и обоснованы в проекте РУ.

2.5.3. В проекте РУ должно быть показано, что прочность корпуса реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, обеспечивается в течение всего срока эксплуатации блока АС.

2.5.4. Компоновка оборудования и геометрия первого контура должны обеспечивать условия для развития естественной циркуляции теплоносителя в первом контуре при потере или отсутствии принудительной циркуляции, в том числе при проектных авариях.

2.5.5. Трубопроводы первого контура должны быть оборудованы устройствами контроля и предотвращения недопустимых перемещений при воздействии на них реак-

тивных усилий, возникающих при разрывах. В проекте РУ должны быть обоснованы прочность и эффективность этих устройств при проектных авариях.

2.5.6. Теплообменное оборудование для передачи тепла от первого контура РУ должно иметь запас теплообменной поверхности для компенсации ухудшения ее теплопередающих характеристик в процессе эксплуатации.

2.5.7. В случае использования принудительной циркуляции насосы, осуществляющие эту циркуляцию, при потере их энергоснабжения и при срабатывании АЗ на любом уровне мощности реактора должны обладать достаточной инерцией, которая обеспечивала бы принудительный расход теплоносителя первого контура до момента, когда естественная циркуляция гарантирует отвод остаточного тепловыделения без превышения эксплуатационных пределов повреждения твэлов.

2.5.8. Проектом РУ должны быть предусмотрены средства:

- автоматической защиты от недопустимого повышения давления в первом контуре при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии;
- компенсации изменений объема теплоносителя, вызванного температурными изменениями;
- компенсации потерь теплоносителя при течах. Максимальный расход течи, компенсируемый этими средствами, устанавливается в проекте РУ.

2.5.9. Проектом РУ должна быть предусмотрена установка ограничителей течи на трубопроводах, отходящих от главного циркуляционного трубопровода. Отказ от установки ограничителей течи должен быть обоснован в проекте РУ.

2.5.10. Элементы первого контура должны быть оборудованы устройствами, уменьшающими влияние сейсмических воздействий. Отказ от оборудования такими устройствами элементов первого контура должен быть обоснован в проекте РУ.

2.5.11. В проектах РУ и АС должны быть установлены показатели качества теплоносителя, его химический состав и допустимое содержание радионуклидов в процессе эксплуатации, предусмотрены технические средства и организационные мероприятия по их поддержанию и контролю. Технические решения и организационные мероприятия по обеспечению качества теплоносителя, а также по методам и средствам их контроля должны быть обоснованы в проектах РУ и АС.

2.5.12. Проектом РУ должны быть предусмотрены технические меры по защите первого контура от не предусмотренного технологическим регламентом безопасной эксплуатации блока АС дренирования теплоносителя. Допустимость частичного дренирования при проведении ремонтных работ и перегрузке должна быть обоснована в проекте РУ.

2.5.13. Проектом РУ должны быть предусмотрены средства и способы обнаружения местонахождения и величины течи теплоносителя первого контура с обоснованной в проекте точностью.

2.5.14. Техническими мерами должно быть исключено непредусмотренное попадание чистого конденсата и раствора жидкого поглотителя с концентрацией, менее допустимой по проекту РУ (АС), в теплоноситель первого контура и в другие системы, которые по проекту РУ (АС) должны быть заполнены раствором жидкого поглотителя.

2.6. Системы аварийного охлаждения активной зоны

2.6.1. Проектами РУ и АС должны быть предусмотрены системы аварийного охлаждения активной зоны. Состав, структура и характеристики систем аварийного охлаждения активной зоны должны быть обоснованы в проектах РУ и АС.

2.6.2. Системы аварийного охлаждения активной зоны должны проектироваться с учетом принципов независимости и резервирования и быть способны с учетом принципа единичного отказа или ошибки персонала выполнять функцию предотвращения нарушения проектных пределов повреждения твэлов при проектных авариях.

2.6.3. Перечень параметров, уставки и условия срабатывания систем аварийного охлаждения должны быть обоснованы в проекте РУ (АС) на основе анализа проектных аварий.

2.6.4. Допустимость и условия вывода из работы одного канала системы аварийного охлаждения активной зоны должны быть обоснованы в проекте РУ (АС).

2.6.5. В проекте РУ (АС) должны учитываться все возможные воздействия на системы (элементы), связанные с включением и работой систем аварийного охлаждения активной зоны.

2.6.6. В проекте РУ (АС) должны быть предусмотрены технические и организационные меры по исключению несанкционированного доступа к системам аварийного охлаждения активной зоны.

2.6.7. Проект РУ (АС) должен содержать обоснование показателей надежности систем аварийного охлаждения активной зоны.

2.6.8. При нахождении реактора в подкритическом состоянии включение и работа систем аварийного охлаждения активной зоны не должны выводить его из подкритического состояния.

2.6.9. Системы аварийного охлаждения должны обеспечивать расхолаживание и длительное поддержание активной зоны реактора при значениях параметров теплоносителя, обоснованных в проекте РУ (АС).

2.7. Устройства перегрузки и порядок проведения перегрузки активной зоны

2.7.1. Устройства перегрузки

2.7.1.1. В проекте РУ должны быть обоснованы и приведены состав устройств перегрузки, а также требования к ним, выполнение которых обеспечивает безопасность обращения с ТВС и другими элементами активной зоны при перегрузке, в том числе при отказах и повреждениях устройств перегрузки.

2.7.1.2. Должен быть обеспечен теплосъем с перегружаемых ТВС без превышения температурных параметров твэлов, установленных проектом РУ для операций перегрузки при нормальной эксплуатации и отказах.

2.7.1.3. Устройства перегрузки должны быть спроектированы так, чтобы при их нормальной эксплуатации и отказах не нарушались условия нормальной эксплуатации РУ и прореакторных хранилищ ядерного топлива.

2.7.1.4. В проекте РУ и АС должны быть приведены требования к монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту, испытаниям и периодической проверке устройств перегрузки, а также требования к их надежности.

2.7.1.5. Устройства перегрузки должны быть спроектированы (сконструированы) так, чтобы к ним был возможен доступ для проведения инспекций, ремонта, испытаний и технического обслуживания.

2.7.1.6. При проектировании устройств перегрузки должны быть предусмотрены меры, направленные на предотвращение повреждения, деформации, разрушения или падения ТВС и других элементов активной зоны, а также приложения к ним недопустимых усилий при извлечении или установке. Значения предельно допустимых усилий должны быть приведены в проекте РУ. Использование для перегрузки непроектных средств запрещается.

2.7.1.7. При проектировании устройств перегрузки должно быть предусмотрено, чтобы прекращение подачи энергоснабжения не приводило к падению ТВС и других перегружаемых элементов активной зоны.

2.7.1.8. В проекте РУ должны быть обоснованы и установлены допустимые скорости перемещения ТВС и других элементов активной зоны перегрузочными устройствами.

2.7.1.9. Должны быть предусмотрены технические средства (блокировки и т.п.), обеспечивающие перемещение устройств перегрузки в допустимых границах.

2.7.1.10. При отказе или нарушении условий эксплуатации устройств перегрузки проектом РУ должно быть предусмотрено оборудование для надежного перемещения ТВС и других элементов активной зоны в безопасные места.

2.7.1.11. В устройствах перегрузки должны быть предусмотрены пульты (панели) с показывающими приборами для представления информации о положении (состоянии) и ориентации ТВС, других перегружаемых элементов активной зоны и захватов.

2.7.1.12. Должна быть исключена возможность перемещения устройств перегрузки в момент соединения с технологическим каналом или во время ввода ТВС и других перегружаемых элементов в активную зону (извлекаемых из активной зоны).

2.7.1.13. Для предотвращения перемещения устройств перегрузки при нахождении ТВС и других перегружаемых элементов активной зоны в непроектном положении должны быть предусмотрены блокировки.

2.7.1.14. Для контроля перегрузки должна быть предусмотрена система промышленного телевидения. В проектах РУ и АС должен быть определен перечень операций при перегрузке, контролируемых с использованием системы промышленного телевидения.

2.7.2. Порядок проведения перегрузки

2.7.2.1. В проекте РУ должны быть обоснованы:

- способы проведения перегрузки;
- периодичность, объем и регламент перегрузки;
- технические средства и организационные меры по обеспечению ядерной безопасности при проведении перегрузки, включая контроль плотности потока нейтронов;
- рабочая концентрация раствора жидкого поглотителя (в случае его использования), точки отбора проб, средства ее контроля и способы поддержания.

2.7.2.2. В проектах РУ и АС, а также в ООБ АС в качестве исходных событий, помимо отказов оборудования системы перегрузки, должны быть рассмотрены возможные ошибки при загрузке (перегрузке) и их последствия, а также разработаны мероприятия по исключению ошибок.

2.7.2.3. Порядок проведения перегрузки активной зоны определяется программой и (или) инструкцией по перегрузке, рабочим графиком и картограммами перегрузки, составленными персоналом АС, утвержденными администрацией АС и согласованными в установленном порядке.

2.7.2.4. При проведении перегрузочных и ремонтных работ организационными мероприятиями и по возможности техническими средствами должно предотвращаться попадание посторонних предметов во внутреннее пространство оборудования, арматуры и трубопроводов РУ.

2.7.2.5. В реакторах, где перегрузка осуществляется с расцеплением рабочих органов СУЗ, перегрузка должна проводиться при введенных в активную зону рабочих органах СУЗ и других средствах воздействия на реактивность. Минимальная подкритичность реактора в процессе перегрузки с учетом возможных ошибок должна составлять не менее 0,02.

2.7.2.6. В реакторах, где перегрузка осуществляется с расцеплением рабочих органов СУЗ и реактивность компенсируется раствором жидкого поглотителя, перегрузка должна проводиться при введенных в активную зону рабочих органах СУЗ и других средствах воздействия на реактивность. Концентрация раствора жидкого поглотителя должна быть доведена до значения, при котором (с учетом возможных ошибок) обеспечивается подкритичность реактора не менее 0,02 (без учета введенных рабочих органов СУЗ).

2.7.2.7. В реакторах, в которых при перегрузках требуемая подкритичность обеспечивается раствором жидкого поглотителя, должны быть предусмотрены технические средства и организационные меры, гарантирующие при перегрузках исключение подачи чистого конденсата в реактор и в первый контур.

2.7.2.8. В реакторах корпусного типа с верхним расположением приводов СУЗ конструкция реактора и исполнительных механизмов СУЗ должна обеспечивать расцепленное состояние рабочих органов СУЗ при снятии верхнего блока. Средства диагностики должны регистрировать расцепленное состояние.

2.7.2.9. В проекте РУ должны быть предусмотрены технические меры, исключающие "всплытие" рабочих органов СУЗ при перегрузках.

2.7.2.10. Перегрузка ТВС и других элементов активной зоны на остановленном реакторе канального типа должна проводиться при взведенных рабочих органах АЗ. Ми-

нимальная подкритичность реактора в процессе перегрузки с учетом возможных ошибок должна составлять не менее 0,02.

2.7.2.11. Для РУ, на которых перегрузка проводится при работе реактора на мощности, в проекте РУ должны быть обоснованы и определены допустимые эксплуатационные режимы работы (мощность, расход теплоносителя и др.) в процессе перегрузки. Должна быть обоснована эффективность средств, используемых для подавления избыточной реактивности, ввод которой возможен из-за ошибок при загрузке или из-за эффектов реактивности.

2.7.2.12. В процессе проведения перегрузки при работе реактора на мощности не должна нарушаться герметичность первого контура, а также должны быть предусмотрены средства для проверки отсутствия утечек теплоносителя из первого контура.

2.7.2.13. Для реакторов с частичной перегрузкой после завершения перегрузки должны быть проведены испытания (измерения) по подтверждению основных проектных и расчетных нейтронно-физических характеристик активной зоны. Для реакторов с непрерывной перегрузкой периодичность испытаний (измерений) должна быть обоснована в проекте РУ.

В процессе испытаний должно проверяться соответствие экспериментальных результатов измерений расчетным параметрам по критериям, установленным в проекте РУ.

3. Обеспечение ядерной безопасности при вводе блока АС в эксплуатацию

3.1. Физический пуск реактора

3.1.1. В процессе физического пуска должны быть получены экспериментальные данные о нейтронно-физических параметрах реактора, эффектах реактивности, эффективности органов регулирования и АЗ и др.

3.1.2. Физический пуск реактора, включая загрузку реактора ядерным топливом, осуществляется в соответствии с программой физического пуска. Программа физического пуска разрабатывается и утверждается эксплуатирующей организацией.

3.1.3. Программа физического пуска реактора должна содержать:

- перечень систем и оборудования, необходимых для проведения физического пуска реактора;
- порядок проведения загрузки реактора ТВС (твэлами);
- порядок достижения критического состояния;
- описание испытаний (измерений) и порядок их проведения;
- ожидаемые значения критических загрузок, критических положений (состояний) органов воздействия на реактивность, их эффективность, оценки влияния на реактивность загружаемых ТВС (твэлов), теплоносителя;
- методики проведения испытаний и измерений;
- меры по обеспечению ядерной безопасности при проведении физического пуска.

3.1.4. Проверка готовности к физическому пуску реактора осуществляется:

- рабочей комиссией, назначаемой эксплуатирующей организацией;
- комиссией органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

3.1.5. Рабочая комиссия проверяет:

- соответствие выполненных работ проектам РУ и АС;
- работоспособность оборудования, наличие протоколов испытаний оборудования, актов об окончании предпусковых наладочных работ;
- наличие и оформление эксплуатационной документации;
- наличие разрешений на право работы у сменного персонала и протоколов сдачи экзаменов контролирующими физиками.

Рабочая комиссия составляет акт о готовности систем, оборудования и подготовленности персонала к проведению физического пуска. Акт должен быть утвержден эксплуатирующей организацией в установленном порядке.

3.1.6. Комиссия органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии проверяет:

- техническую готовность блока АС к физическому пуску;
- проектную и эксплуатационную документацию;
- подготовленность персонала к проведению физического пуска.

3.1.7. Первый завоз ядерного топлива на площадку вводимого в эксплуатацию блока АС может быть осуществлен при наличии лицензии органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии на эксплуатацию блока АС и по результатам инспекции органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии готовности блока АС к завозу ядерного топлива.

3.1.8. Решение о проведении физического пуска принимается в установленном порядке на основании акта рабочей комиссии о готовности систем и оборудования, подготовленности персонала к физическому пуску, а также акта эксплуатирующей организации об устранении недостатков по результатам инспекции органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии готовности блока АС к физическому пуску.

3.1.9. В случае возникновения предаварийной ситуации при проведении испытаний (измерений) во время физического пуска испытания (измерения) должны быть прекращены, а реактор переведен в подкритическое состояние.

3.1.10. Результаты загрузки активной зоны реактора ТВС (твэлами), а также результаты испытаний во время физического пуска должны оформляться актами и отчетами, которые должны представляться в орган государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии в установленном порядке.

3.2. Энергетический пуск блока АС

3.2.1. Энергетический пуск блока АС включает поэтапный и постепенный подъем мощности, определение и уточнение параметров РУ и блока АС, комплексное опробование систем и оборудования блока АС, проведение на каждом этапе запланированных испытаний (измерений) и анализ полученных результатов.

3.2.2. Энергетический пуск блока АС осуществляется в соответствии с программой энергетического пуска блока АС, откорректированной (при необходимости) по результатам физического пуска. Программа энергетического пуска разрабатывается и утверждается эксплуатирующей организацией.

3.2.3. Программа энергетического пуска должна содержать порядок его проведения, ожидаемые значения нейтронно-физических характеристик реактора (эффектов реактивности и др.), теплотехнических характеристик РУ, методики проведения испытаний, меры по обеспечению ядерной безопасности при проведении энергетического пуска и т.п.

3.2.4. Программа энергетического пуска должна предусматривать испытания и отработку режимов работы энергоблока АС, проверку систем безопасности в объеме и последовательности, обеспечивающих безопасный вывод реактора на номинальный уровень мощности, включая отработку безопасного и динамически устойчивого прохождения переходных режимов на всех этапах освоения мощности.

3.2.5. Проверка готовности блока АС к энергетическому пуску осуществляется рабочей комиссией. Рабочая комиссия проверяет готовность систем и оборудования блока АС к энергетическому пуску, выводу реактора на мощность, пуску турбогенераторов и включению блока АС в энергосеть, укомплектованность сменным персоналом, его подготовку и допуск к работе. Комиссия составляет акт о готовности блока АС к энергетическому пуску. Акт должен быть утвержден эксплуатирующей организацией в установленном порядке.

В случае необходимости органом государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии направляется комиссия для проверки готовности блока АС к энергетическому пуску.

3.2.6. Энергетический пуск блока АС осуществляется после устранения недостатков, отмеченных в акте рабочей комиссии и в акте комиссии органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии (в случае проверки ко-

миссией органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии).

3.2.7. Решение о проведении энергетического пуска принимается в установленном порядке на основании акта рабочей комиссии о готовности блока АС к энергетическому пуску, а также акта эксплуатирующей организации об устранении недостатков по результатам проверки комиссией органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии (в случае ее проведения) готовности блока АС к энергетическому пуску.

3.2.8. По результатам физического и энергетического пуска эксплуатирующей организацией должен быть выпущен отчет и откорректирован (при необходимости) ООБ АС.

4. Обеспечение ядерной безопасности при эксплуатации

4.1. Основным документом, определяющим безопасную эксплуатацию блока АС, является технологический регламент безопасной эксплуатации блока АС, содержащий правила и основные приемы безопасной эксплуатации, общий порядок выполнения операций, связанных с безопасностью, а также пределы и условия безопасной эксплуатации. Эксплуатирующая организация обеспечивает разработку технологического регламента безопасной эксплуатации блока АС.

4.2. Эксплуатация блока АС должна проводиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации, разработанными администрацией АС на основании проектно-конструкторской документации и технологического регламента безопасной эксплуатации блока АС, откорректированных по результатам ввода в эксплуатацию АС и с учетом опыта эксплуатации.

4.3. До начала эксплуатации блока АС эксплуатирующей организацией должен быть оформлен паспорт реакторной установки.

4.4. Эксплуатирующая организация на основе проектов РУ и АС с учетом требований технологического регламента безопасной эксплуатации блока АС организует разработку и выпуск для систем, важных для безопасности:

- инструкций по проведению проверок и испытаний;
- графиков проведения технического обслуживания, планово-предупредительных и капитальных ремонтов систем и элементов;
- графиков проведения испытаний и проверок функционирования систем безопасности.

4.5. Состояние РУ и ее систем и условия, при которых разрешается эксплуатация блока АС, должны быть обоснованы в проектах РУ и АС и приведены в технологическом регламенте безопасной эксплуатации блока АС.

4.6. При нарушении эксплуатационных пределов оперативным персоналом должна быть выполнена последовательность действий, установленная в проекте РУ (АС) и технологическом регламенте безопасной эксплуатации блока АС и направленная на приведение блока АС к нормальной эксплуатации. В случае невозможности восстановления нормальной эксплуатации блок АС должен быть остановлен.

4.7. При возникновении предаварийной ситуации (аварии) блок АС должен быть остановлен, должны быть выяснены и устранены причины ее возникновения и приняты меры по восстановлению нормальной эксплуатации блока АС. Эксплуатация блока АС может быть продолжена только после устранения причин возникновения предаварийной ситуации (аварии).

4.8. Эксплуатирующая организация должна расследовать происшествия и аварии на АС в соответствии с федеральными нормами и правилами, а также передавать информацию об этих нарушениях в установленном в федеральных нормах и правилах порядке.

4.9. При проектных авариях действия персонала должны определяться инструкцией по ликвидации аварий на блоке АС, разрабатываемой эксплуатирующей организацией на основе ООБ АС. В инструкции должны быть рассмотрены проектные аварии и разработаны меры по ликвидации их последствий.

4.10. Для управления запроектными авариями в соответствии с проектами РУ и АС и ООБ АС эксплуатирующей организацией должно быть разработано руководство по управлению запроектными авариями.

4.11. В инструкции по ликвидации аварий на блоке АС и в руководстве по управлению запроектными авариями должен быть указан порядок ввода в действие планов мероприятий по защите персонала и населения в случае возникновения запроектной аварии.

4.12. Для подготовки персонала АС к действиям при предаварийных ситуациях и авариях должны проводиться противоаварийные тренировки. Периодичность и порядок их проведения утверждаются эксплуатирующей организацией.

4.13. С момента возникновения аварии и до начала работы комиссии по выявлению причин аварии запрещается вскрывать контрольно-измерительную аппаратуру и устройства, менять уставки аварийной и предупредительной сигнализации и защиты. Должны быть предусмотрены технические средства и организационные меры, исключающие возможность утраты зарегистрированной информации и несанкционированного доступа к устройствам и элементам, базам данных и архивам системы управления, в которых зафиксировано состояние оборудования и систем перед возникновением аварии и в последующий период.

4.14. В проекте РУ должны быть обоснованы и в технологическом регламенте безопасной эксплуатации блока АС приведены условия безопасной эксплуатации остановленного реактора с ядерным топливом в активной зоне, включая режимы загрузки и перегрузки. Для этих режимов должны быть определены как минимум:

- объем контроля в соответствии с требованиями пп. 2.3.3.1, 2.3.3.3 и 2.3.3.6 настоящих Правил с обязательным контролем плотности нейтронного потока и концентрации раствора жидкого поглотителя, если он применяется для данного типа РУ;
- требования к готовности систем, важных для безопасности.

4.15. В реакторах, в которых загрузка и перегрузка ядерного топлива выполняются при заполнении раствором жидкого поглотителя реактора, первого контура и связанных с ним систем, концентрация раствора жидкого поглотителя при операциях загрузки и перегрузки реактора, а также при испытаниях оборудования, арматуры и трубопроводов первого контура и при ремонтных работах должна быть не ниже определенной проектом РУ (АС).

4.16. Эксплуатирующая организация на основе проектной документации, проектного перечня ядерно-опасных работ и опыта эксплуатации должна разрабатывать перечень ядерно-опасных работ блока АС.

4.17. Работы с системами (элементами), важными для безопасности, по выводу в ремонт и вводу в эксплуатацию, а также испытания этих систем (элементов), не предусмотренные технологическим регламентом безопасной эксплуатации блока АС и инструкциями по эксплуатации, являются ядерно-опасными.

4.18. Ядерно-опасные работы должны проводиться по специальной рабочей программе, утверждаемой административным руководством АС.

Ядерно-опасные работы, не предусмотренные технологическим регламентом безопасной эксплуатации блока АС и инструкциями по эксплуатации, должны проводиться по специальной рабочей программе, утверждаемой эксплуатирующей организацией при согласовании разработчиками проекта РУ и АС.

Рабочая программа должна содержать:

- цель проведения ядерно-опасных работ;
- перечень ядерно-опасных работ;
- технические и организационные меры по обеспечению ядерной безопасности;
- критерии и контроль правильности завершения ядерно-опасных работ;
- указание о назначении ответственного лица за проведение ядерно-опасных работ.

Ядерно-опасные работы должны проводиться, как правило, на остановленном реакторе.

4.19. Подкритичность остановленного реактора при проведении ядерно-опасных работ должна быть не менее 0,02 для состояния реактора с максимальным запасом ре-

активности (для реакторов канального типа рабочие органы АЗ должны быть взведены, а остальные рабочие органы СУЗ введены в активную зону).

4.20. После завершения ремонта оборудования и систем, важных для безопасности, должна быть проведена проверка характеристик этих систем на соответствие проектным характеристикам. Проверка должна проводиться в соответствии с действующими инструкциями или по программам, разработанным в порядке, установленном эксплуатирующей организацией АС.

4.21. При любых испытаниях систем, важных для безопасности, должна проводиться проверка соответствия результатов испытаний критериям, установленным в проектах РУ и АС. Результаты испытаний должны оформляться актом.

5. Контроль соблюдения правил

5.1. Эксплуатирующая организация должна постоянно контролировать соблюдение требований настоящих Правил.

5.2. Эксплуатирующая организация организовывает периодические (не реже одного раза в два года) проверки соблюдения АС требований настоящих Правил и устанавливает порядок проверок состояния ядерной безопасности АС внутренними комиссиями. Результаты проверок, проводимых эксплуатирующей организацией, представляются органу государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Приложение
к Правилам ядерной безопасности
реакторных установок атомных
станций

Пределы повреждения твэлов и требования к коэффициентам реактивности реакторов АС с наиболее распространенными типами РУ

1. АС с РУ типа ВВЭР

1.1. Эксплуатационный предел повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 0,2% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,02% от числа твэлов в активной зоне.

1.2. Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 1% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,1% от числа твэлов в активной зоне.

1.3. Максимальный проектный предел повреждения твэлов соответствует непревышению следующих предельных параметров:
- температура оболочек твэлов должна быть не более 1200 °С;
- эквивалентная степень окисления оболочек твэлов должна быть не более предельного значения, устанавливаемого в проекте на основе экспериментальных данных;
- доля прореагировавшего циркония в активной зоне должна быть не более 1% его массы в оболочках твэлов;
- максимальная температура топлива должна быть не выше температуры плавления.

1.4. Значения коэффициентов реактивности по удельному объему теплоносителя и температуре топлива, по мощности реактора, суммарного коэффициента реактивности по температуре теплоносителя и температуре топлива не должны быть положительными во всех критических состояниях, возможных во всем диапазоне изменения параметров

реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

2. АС с РУ типа РБМК

2.1. Эксплуатационный предел повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 0,2% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,02% от числа твэлов в активной зоне.

2.2. Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 1% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,1% от числа твэлов в активной зоне.

2.3. Максимальный проектный предел повреждения твэлов соответствует непревышению следующих предельных параметров:
- температура оболочек твэлов должна быть не более 1200 °С;
- эквивалентная степень окисления оболочек твэлов должна быть не более предельного значения, устанавливаемого в проекте на основе экспериментальных данных;
- доля прореагировавшего циркония в активной зоне должна быть не более 1% его массы в оболочках твэлов;
- максимальная температура топлива должна быть не выше температуры плавления.

2.4. Значения коэффициентов реактивности по температуре топлива и по мощности не должны быть положительными во всем диапазоне изменения параметров реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии. В проекте РУ должен быть обоснован допустимый интервал безопасных значений парового коэффициента реактивности. Необходимо стремиться к тому, чтобы значения парового коэффициента реактивности при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, были близки к нулю. При эксплуатации АС величина парового коэффициента реактивности должна подтверждаться измерениями по верифицированным методикам с периодичностью, установленной в проекте РУ.

3. АС с РУ типа БН

3.1. Эксплуатационный предел повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 0,05% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,005% от числа твэлов в активной зоне.

3.2. Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 0,1% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,01% от числа твэлов в активной зоне.

3.3. Максимальный проектный предел повреждения твэлов для быстрых натриевых реакторов с МОХ-топливом и оболочками твэлов из аустенитной стали ЧС-68ХД соответствует непревышению следующих предельных параметров:
- температура оболочек твэлов – 900 °С;
- температура топлива – 2300 °С;
- объемное распухание оболочек твэлов – 15%.

3.4. Значения коэффициентов реактивности по температуре и по мощности реактора, а также суммарного коэффициента реактивности по температуре теплоносителя и по температуре топлива должны быть отрицательными во всем диапазоне изменения

параметров реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии. Для запроектных аварий допустимый интервал значений натриевого пустотного эффекта должен быть обоснован в проекте РУ и АС.

4. АС с РУ типа АСТ

4.1. Эксплуатационный предел повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 0,2% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,02% от числа твэлов в активной зоне.

4.2. Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:
- дефекты типа газовой неплотности – не более 1% от числа твэлов в активной зоне;
- прямой контакт ядерного топлива с теплоносителем – не более 0,1% от числа твэлов в активной зоне.

4.3. Максимальный проектный предел повреждения твэлов соответствует непревышению следующих предельных параметров:
- температура оболочек твэлов должна быть не более 1200 °С;
- эквивалентная степень окисления оболочек твэлов должна быть не более предельного значения, устанавливаемого в проекте на основе экспериментальных данных:
- доля прореагировавшего циркония в активной зоне должна быть не более 1% его массы в оболочках твэлов;
- максимальная температура топлива должна быть не выше температуры плавления.

4.4. Значения коэффициентов реактивности по удельному объему теплоносителя и температуре топлива, по мощности реактора, суммарного коэффициента реактивности по температуре теплоносителя и температуре топлива не должны быть положительными во всех критических состояниях, возможных во всем диапазоне изменения параметров реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

5. АС с РУ типа ЭГП-6

5.1. Эксплуатационный предел повреждения твэлов (трубчатых твэлов с топливной композицией в виде крупки диоксида урана в магниевой матрице):
- температура наружной поверхности оболочки твэла – 430°С;
- неплотности оболочек не допускаются.

5.2. Предел безопасной эксплуатации повреждения твэлов:
- потеря герметичности наружной оболочки хотя бы одного твэла;
- достижение 50-кратного превышения показаний системы контроля герметичности оболочек твэлов над фоновым значением для любой ТВС реактора.

5.3. Максимальный проектный предел повреждения твэлов:
- температура оболочки твэла, разгруженного от внутреннего давления, – 1100°С;
- температура оболочки твэла, находящегося под рабочим внутренним давлением, – 930°С;
- локальная глубина взаимодействия наружной оболочки твэла с матричным материалом – не более 85%.

5.4. Значения коэффициентов реактивности по температуре топлива, по паросодержанию теплоносителя и по мощности не должны быть положительными во всем диапазоне изменения параметров реактора при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

gost.e-ecolog.ru