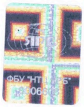
РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

при использовании атомной энергии



РЕКОМЕНДАЦИИ К СТРУКТУРЕ И СОДЕРЖАНИЮ РУКОВОДСТВА ПО УПРАВЛЕНИЮ ЗАПРОЕКТНЫМИ АВАРИЯМИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ТЯЖЕЛЫМИ АВАРИЯМИ

РБ-102-15

gost.e-ecolog.ru

ФБУ «НТЦ ЯРБ»

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РЕКОМЕНДАЦИИ К СТРУКТУРЕ И СОДЕРЖАНИЮ РУКОВОДСТВА ПО УПРАВЛЕНИЮ ЗАПРОЕКТНЫМИ АВАРИЯМИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ТЯЖЕЛЫМИ АВАРИЯМИ» (РБ-102-15)

Введено в действие
с 24 июля 2015 г.

Москва 2015

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к структуре и содержанию руководства по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями» (РБ-102-15)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Москва, 2015

Настоящее руководство по безопасности при использовании атомной энергии разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии: пунктов 1.2.3, 1.2.16, 4.2.4, 5.1.4, 5.5.6 Общих положений обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97), утвержденных постановлением Госатомнадзора России от 14 ноября 1997 г. № 9; пункта 4.10 Правил ядерной безопасности реакторных установок атомных станций (НП-082-07), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 декабря 2007 г. № 4.

Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору к структуре и содержанию руководств по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями, для атомных станций.

Руководство по безопасности предназначено для специалистов эксплуатирующих организаций и проектных организаций, выполняющих разработку руководств по управлению запроектными авариями.

Выпускается впервые.[1]

---

[1] Разработано коллективом авторов в составе Ланкин М.Ю., к.т.н., Букринский А.М., к.т.н., Козлова Н.А., к.т.н., Шарафутдинов Р.Б., к.т.н. (ФБУ «НТЦ ЯРБ»), Мирошниченко М.И., Манаков В.А. (Ростехнадзор).

I. Общие положения

1.1. Настоящее руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к структуре и содержанию руководства по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями» (РБ-102-15) (далее – Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии: подпунктов 1.2.3, 1.2.16, 4.2.4, 5.1.4, 5.5.6 Общих положений обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97), утвержденных постановлением Госатомнадзора России от 14 ноября 1997 г. № 9; пункта 4.10 Правил ядерной безопасности реакторных установок атомных станций (НП-082-07), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 декабря 2007 г. № 4.

1.2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору к структуре и содержанию руководств по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями (далее по тексту – руководства по управлению запроектными авариями), для атомных станций.

1.3. Требования федеральных норм и правил в области использования атомной энергии к структуре и содержанию руководства по управлению запроектными авариями могут быть выполнены с использованием иных способов (методов), чем те, которые содержатся в настоящем Руководстве по безопасности, при обоснованности выбранных способов (методов) для обеспечения безопасности.

1.4. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для специалистов эксплуатирующих организаций и проектных организаций, выполняющих разработку руководств по управлению запроектными авариями.

1.5. Используемые обозначения и сокращения приведены в приложении № 1, термины и определения – в приложении № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

II. Общие рекомендации к содержанию руководства по управлению запроектными авариями

2.1. Действия персонала АС по управлению ЗПА, предусмотренные в РУЗА, направлены на достижение следующих основных целей:

прекращение цепной реакции деления в реакторе и удержание реактора в подкритическом состоянии;

обеспечение охлаждения ядерного топлива (предотвращение перехода ЗПА в тяжелую стадию либо прекращение дальнейшего развития тяжелого повреждения ядерного топлива, если оно уже началось);

обеспечение подкритичности и охлаждения ядерного топлива, находящегося в бассейнах выдержки и иных хранилищах отработавшего ядерного топлива;

удержание РВ в установленных в проекте АС границах, сведение к минимуму выхода РВ в окружающую среду;

обеспечение безопасного, стабильного и контролируемого состояния АС.

Общие сведения об особенностях управления ЗПА представлены в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

2.2. В составе РУЗА приводятся указания по диагностике состояния АС, выбору и осуществлению стратегии управления запроектными авариями, направленной на достижение целей управления ЗПА, структурированные в виде инструкций, процедур и приложений справочно-информационной поддержки.

2.3. Руководства по управлению запроектными авариями разрабатываются для всех блоков АС, независимо от показателей вероятности тяжелой аварии и вероятности большого аварийного выброса.

2.4. РУЗА должно охватывать весь спектр ЗПА (включая тяжелые аварии), представленный в ООБ АС.

2.5. При разработке РУЗА учитываются все проведенные на блоке АС модернизации и реконструкции, а также имеющийся опыт ликвидации нарушений нормальной эксплуатации и управления авариями.

2.6. Предписываемые РУЗА действия персонала АС должны основываться на признаках происходящих событий и состояний реакторной установки, и АС в целом, а также прогнозе ожидаемых в процессе развития аварий условий.

2.7. Определение признаков состояния реакторной установки и АС в целом в рамках РУЗА следует по возможности увязывать со значениями измеряемых на АС (блоке АС) параметров. В случае отсутствия возможности прямых измерений необходимых параметров допускается использование вспомогательных средств оценки (см. раздел 6.1 настоящего Руководства по безопасности), позволяющих быстро оценить значение необходимого параметра.

2.8. При разработке РУЗА в качестве исходных состояний должны учитываться все возможные эксплуатационные состояния блока АС, предусмотренные технологическим регламентом безопасной эксплуатации, включая режимы работы блока АС на мощности, состояния останова для перегрузки и планово-предупредительного ремонта, с учетом готовности к работе систем и оборудования, характерных для каждого эксплуатационного состояния блока АС.

2.9. При разработке инструкций РУЗА для исходных состояний блока АС с остановленным реактором должно приниматься во внимание, что:

обнаружение и диагностика нарушений нормальной эксплуатации АС может быть затруднено, так как некоторые автоматические защиты и сигналы могут быть отключены;

возрастает вероятность ошибок персонала вследствие возрастания количества действий персонала, выполняемых дистанционно или по месту;

уменьшается количество технических средств, доступных для управления аварией, и количество измерительных приборов, так как часть из них может находиться в неработоспособном состоянии;

действия в состояниях с остановленным реактором выполняются оперативным персоналом реже, поэтому менее привычны, что также может привести к увеличению ошибок.

2.10. При разработке РУЗА должны учитываться все места нахождения ЯМ, РВ и РАО на АС, с которыми может быть связано возникновение ЗПА:

реактор;

бассейн выдержки отработавшего топлива;

хранилище отработавшего топлива на площадке (при его наличии на АС);

иные места нахождения ЯМ (узел свежего топлива, внутристанционные транспортные упаковочные комплекты);

хранилища РАО.

2.11. При разработке РУЗА учитывается возможное возникновение на блоке АС условий, которые могут усложнить управление запроектной, в том числе тяжелой, аварией (например, длительная потеря электроснабжения, потеря средств контроля, пожары, завалы, затопления, задымление, ионизирующее излучение, нарушение связей с внешней инфраструктурой).

2.12. При разработке РУЗА для блока в составе многоблочной АС учитываются технические средства соседних блоков АС (наличие

источников энергии и воды, оборудования), которые могут быть использованы на аварийном блоке АС без ухудшения при этом состояния соседних блоков.

2.13. При разработке РУЗА учитывается, что использование имеющихся технических средств и привлечение персонала АС может быть осложнено тем, что запроектная, в том числе тяжелая, авария возникает одновременно на нескольких блоках АС, находящихся на одной площадке.

2.14. Выбранный способ представления инструкций РУЗА должен обеспечивать:

структурирование действий персонала АС в рамках РУЗА;

исключение пропуска указаний (важной информации), подлежащих учету персоналом при управлении аварией;

легкую для восприятия персоналом АС логику переходов внутри одной инструкции и между различными инструкциями РУЗА;

отсутствие текстовых вставок (например, комментариев), затрудняющих восприятие указаний, содержащихся в инструкциях;

правильное восприятие текстовой информации (формулировки указаний и положений правил управления не должны позволять двойственного толкования, рекомендуется использовать легкий для восприятия шрифт);

легкий поиск необходимой информации по указанным в инструкциях ссылкам.

2.15. В инструкциях РУЗА должны предусматриваться меры, направленные на снижение возможности совершения персоналом ошибок при выполнении действий, основанных на навыках, и действий, основанных на правилах. К таким мерам относятся:

включение в текст инструкций РУЗА указаний о необходимости осуществления проверок выполняемых действий (самопроверки и проверки другим лицом из персонала АС);

включение в текст инструкций РУЗА особых предупреждений в случаях, когда повышается вероятность ошибочных действий персонала (например, когда требуемая последовательность действий отличается от схожей последовательности действий, выполняемой персоналом более часто или к выполнению которой он больше подготовлен).

Также при разработке РУЗА следует анализировать возможность совершения персоналом ошибок в ходе управления аварией (ошибок при выполнении действий, основанных на знаниях). К ме-

рам, направленным на снижение вероятности совершения ошибок персонала, относятся:

выполнение, насколько это возможно, более полных расчетных анализов аварий (включая тяжелые аварии) и разработка представительного технического обоснования РУЗА;

углубленная теоретическая подготовка персонала по вопросам феноменологии тяжелых аварий;

анализ (в том числе по результатам тренировок персонала) возможностей неправильной диагностики персоналом состояния АС и принятия неверного решения по управлению аварией с внесением по результатам анализа в текст РУЗА предупреждений персоналу и рекомендаций, позволяющих снизить вероятность принятия неправильного решения.

Информация о типах ошибок персонала и их краткая характеристика представлены в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

III. Структура руководства по управлению запроектными авариями

3.1. РУЗА включает следующие разделы:

общие положения;

оперативный раздел, содержащий главную инструкцию, состоящую из диагностических инструкций и инструкций по реализации стратегий управления запроектными авариями, а также инструкции по выполнению отдельных задач управления запроектными авариями (инструкции по восстановлению / поддержанию функций безопасности);

справочно-информационное приложение, содержащее вспомогательные средства оценки, расчетное обоснование инструкций РУЗА, техническое обоснование инструкций РУЗА, описание феноменологии тяжелых аварий.

3.2. РУЗА может быть представлена как в виде одного документа, так и в виде набора документов, составляющих ее отдельные части.

3.3. Общий алгоритм действий персонала в соответствии с РУЗА приведен в приложении № 5 к настоящему Руководству по безопасности. Примерное содержание РУЗА (на примере блока АС с реактором типа ВВЭР) приведено в приложении № 6 к настоящему Руководству по безопасности.

IV. Структура и содержание раздела руководства по управлению запроектными авариями «Общие положения»

Раздел «Общие положения» РУЗА включает следующие подразделы:

назначение и область применения РУЗА. Структура РУЗА;

организационная структура управления запроектными авариями;

общий порядок начала применения РУЗА, перехода от одной инструкции РУЗА к другой, включая условия перехода к управлению ЗПА на стадии тяжелой аварии, прекращения действий в соответствии с РУЗА;

порядок осуществления действий, не предусмотренных РУЗА, порядок и условия вмешательства персонала АС в действия автоматики;

связь РУЗА с эксплуатационной документацией, действующей на АС;

рекомендации по поддержанию квалификации персонала в области управления запроектными авариями.

4.1. Назначение и область применения руководства по управлению запроектными авариями. Структура руководства по управлению запроектными авариями

4.1.1. Описывается назначение РУЗА как документа, определяющего действия персонала по управлению ЗПА.

4.1.2. Описывается область применения РУЗА. Показывается, что в РУЗА учтены все эксплуатационные состояния АС (перечисляются соответствующие эксплуатационные состояния), а также все места нахождения ЯМ, РВ и РАО на АС (перечисляются соответствующие места). Указывается, какие классы ЗПА охватываются РУЗА.

4.1.3. Описывается структура РУЗА.

4.2. Организационная структура управления запроектными авариями

4.2.1. Описывается организационная структура управления ЗПА, которую целесообразно основывать на существующей структуре, созданной на АС для ликвидации нарушений нормальной эксплуатации и проектных аварий, дополнив ее при необходимости с учетом специфики ЗПА (включая тяжелую стадию). Такой спецификой управления ЗПА может быть создание специальной технической группы, в состав которой включены ведущие специалисты АС (например, заместители главного инженера АС, начальники, замести-

тели начальников основных подразделений АС). Задачей такой группы является подготовка предложений по управлению аварией для руководителя аварийных работ на основе инструкций и справочно-информационного раздела РУЗА. Также к подготовке предложений по управлению ЗПА могут привлекаться специальная группа оказания помощи АС (группа ОПАС), отраслевые центры технической поддержки. Решения по управлению авариями принимаются руководителем аварийных работ.

4.2.2. Описываются обязанности и ответственность персонала, привлекаемого к управлению ЗПА на всех уровнях организационной структуры управления аварией. При описании ответственности рекомендуется выделять ответственность за принятие решения и ответственность за правильное выполнение действий в рамках принятого решения.

4.3. Общий порядок начала применения РУЗА, перехода от одной инструкции РУЗА к другой, включая условия перехода к управлению ЗПА на стадии тяжелой аварии, прекращения действий в соответствии с РУЗА

4.3.1. Описывается общий порядок принятия персоналом АС решения о начале применения РУЗА, а также о прекращении действий в соответствии с РУЗА.

4.3.2. Описываются условия перехода от одной инструкции РУЗА к другой. Отдельно описываются условия, при наступлении которых действия по управлению ЗПА на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны должны быть прекращены и персонал должен перейти к действиям по управлению ЗПА на стадии тяжелого повреждения активной зоны.

4.4. Порядок осуществления действий, не предусмотренных руководством по управлению запроектными авариями. Порядок и условия вмешательства персонала атомной станции в действия автоматики

4.4.1. Указывается, что руководителем аварийных работ может быть принято решение о невозможности достижения целей управления ЗПА в соответствии с указаниями РУЗА. Принятие данного решения является исключительной мерой при осуществлении управления запроектной аварией, оно должно быть основано на анализе состояния блока АС с учетом имеющихся знаний о феноменологии и временных характеристиках протекания аварийных процессов и со-

провождаться обоснованием невозможности достижения целей управления ЗПА в соответствии с указаниями РУЗА.

В случае принятия упомянутого выше решения использование технических средств либо способов управления авариями, не указанных в РУЗА, осуществляется в соответствии с указаниями руководителя аварийных работ.

4.4.2. Указываются порядок и условия вмешательства персонала АС в действия автоматики. Рекомендуется предусматривать возможность вмешательства в действия автоматики в случаях:

очевидной неисправности автоматики;

если вмешательство требуется в соответствии с требованиями инструкций РУЗА;

если руководитель аварийных работ принял решение о невозможности достижения целей управления ЗПА в соответствии с указаниями РУЗА.

4.5. Связь руководства по управлению запроектными авариями с эксплуатационной документацией, действующей на атомной станции

4.5.1. Указываются документы (технологический регламент эксплуатации блока АС, инструкции по ликвидации проектных аварий, инструкции по эксплуатации систем), действия по которым прекращаются полностью или частично после начала применения РУЗА.

4.5.2. Приводятся указания к действиям по каким документам следует переходить персоналу АС после прекращения действий в соответствии с РУЗА.

4.6. Рекомендации по поддержанию квалификации персонала в области управления запроектными авариями

Даются рекомендации по подготовке и поддержанию квалификации персонала в области управления ЗПА (в том числе по объему теоретической подготовки, по методике, периодичности и темам занятий с использованием полномасштабного и иных тренажеров, по периодичности и темам противоаварийных тренировок).

V. Структура и содержание оперативного раздела руководства по управлению запроектными авариями

Оперативный раздел РУЗА состоит из:

главной инструкции;

инструкций по выполнению отдельных задач управления ЗПА на стадиях предотвращения и тяжелого повреждения активной зоны

(отдельными задачами могут быть восстановление функций безопасности, непроектное использование оборудования и другие).

5.1. Главная инструкция

В главной инструкции даются указания по действиям персонала АС в рамках РУЗА. При этом указываются:

условия, при которых персоналом должно быть принято решение о начале применения РУЗА;

немедленные действия, осуществляемые после начала применения РУЗА;

порядок начальной диагностики состояния АС с целью определения необходимости перехода к действиям по управлению ЗПА на стадии тяжелой аварии или к действиям на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны;

стратегии управления запроектными авариями на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны;

стратегии управления запроектными авариями на стадии тяжелого повреждения активной зоны;

условия прекращения действий в соответствии с РУЗА.

5.1.1. Условия начала применения руководства по управлению запроектными авариями

Условия начала применения РУЗА рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы персонал переходил к действиям по РУЗА в следующих ситуациях:

при возникновении нарушения нормальной эксплуатации, действия при котором не предусмотрены технологическим регламентом эксплуатации блока АС, инструкциями по эксплуатации РУ, систем и элементов АС, а также инструкцией по ликвидации аварии;

если применение инструкции по ликвидации аварии не позволяет ликвидировать возникшую аварию;

если персонал затрудняется идентифицировать возникшее нарушение нормальной эксплуатации или принять решение о подлежащих применению инструкциях РУЗА.

5.1.2. Немедленные действия, осуществляемые после начала применения руководства по управлению запроектными авариями

Приводится порядок выполнения немедленных действий, осуществляемых после начала применения РУЗА. К таким действиям относятся:

действия по переводу реакторной установки в подкритическое состояние;

прекращение (завершение) выполнения всех ядерно-опасных работ, а также других работ, если их выполнение приводит к отвлечению персонала АС от ликвидации аварии (управления аварией).

По возможности также идентифицируется характер воздействия, вызывавшего необходимость начала применения РУЗА, – взрыв, пожар, затопление, иное внутреннее или внешнее воздействие; при необходимости организуются работы по оказанию экстренной помощи пострадавшим, эвакуации персонала АС из зон воздействия поражающих факторов.

5.1.3. Начальная диагностика состояния атомной станции с целью определения необходимости перехода к действиям по управлению запроектной аварией на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны или на стадии тяжелого повреждения активной зоны

Приводится порядок выполнения начальной диагностики состояния АС, осуществляемой непосредственно после выполнения немедленных действий. Указанная диагностика выполняется с целью определения необходимости перехода к действиям по управлению ЗПА на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны или на стадии тяжелой аварии.

Указывается, что в зависимости от результатов начальной диагностики состояния АС персонал АС должен переходить к определению стратегии управления запроектной аварией на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны либо к определению стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны.

5.1.4. Стратегии управления запроектной аварией на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны

5.1.4.1. Для целей определения оператором АС стратегии управления запроектной аварией на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны в разделе устанавливается порядок диагностики состояния АС.

5.1.4.2. Диагностика состояния АС должна осуществляться в объеме, достаточном для выбора персоналом АС стратегии управления запроектной аварией из числа стратегий, представленных в данном разделе и обоснованных в Техническом обосновании РУЗА.

5.1.4.3. Целесообразно для целей диагностики состояния АС определять набор ФБ, выполнение которых обеспечивает достижение целей управления ЗПА, указанных в пункте 2.1 настоящего Руководства по безопасности.

В указанный выше набор ФБ могут входить как ФБ, непосредственно связанные с достижением указанных целей управления ЗПА, так и вспомогательные ФБ, способствующие достижению целей управления ЗПА опосредованно (к вспомогательным ФБ, в частности, относится обеспечение нормальных условий функционирования оборудования и персонала, задействованных в управлении ЗПА, – электроснабжение собственных нужд АС, противодействие пожарам, затоплениям).

Примерный перечень ФБ (на примере реакторной установки АС с реактором типа ВВЭР) приведен в приложении № 7 к настоящему Руководству по безопасности.

5.1.4.4. Для каждой ФБ, входящей в установленный в соответствии с пунктом 5.1.4.3 набор ФБ, целесообразно выделить возможные состояния с выполнением ФБ.

При выделении возможных состояний с выполнением ФБ учитывается как состояние физических барьеров, так и наличие непосредственных и потенциальных угроз нарушения целостности этих барьеров, в том числе угроз, связанных с неработоспособностью систем, предназначенных для обеспечения защиты физических барьеров.

При выделении возможных состояний с выполнением ФБ проверяется выполнение следующих условий:

различные состояния с выполнением ФБ требуют разных по содержанию действий персонала либо характеризуются существенно отличающимися запасами времени на выполнение необходимых действий персонала (то есть разные состояния с выполнением ФБ должны требовать реализации разных стратегий управления ЗПА);

имеются критерии, в соответствии с которыми персонал может отличить одно выделенное от другого.

5.1.4.5. Для каждого выделенного в соответствии с пунктом 5.1.4.4 состояния с выполнением каждой ФБ указываются критерии (условия), по которым данное состояние может быть определено персоналом АС. В качестве критериев (условий), в соответствии с которыми персонал АС определяет выделенные состояния с выполнением ФБ, используются измеряемые параметры, доступные для персонала АС (такие как значения давления, температуры, уровней, расходов

сред, иных измеряемых параметров), а также состояние систем АС (например, работоспособное, частично работоспособное, неработоспособное) либо их комбинации. Также при формулировании критериев (условий) может учитываться имеющаяся у персонала АС информация по предшествующему развитию аварии.

Критерии (условия) могут представляться в виде таблицы, содержащей доступные персоналу АС признаки состояния АС, требующие применения той или иной инструкции по поддержанию (восстановлению) ФБ.

При разработке РУЗА оценивается достаточность перечня измеряемых на блоке АС параметров, а также достаточность контрольно-измерительных приборов и диапазонов их измерений для осуществления диагностики состояния АС (контроля состояния с выполнением ФБ).

Пример установления критериев (условий) для диагностики состояния ФБ «Отвод тепла от активной зоны» приведен в приложении № 8 к настоящему Руководству по безопасности.

5.1.4.6. Действия по восстановлению (поддержанию) ФБ осуществляются в соответствии с инструкциями по восстановлению ФБ. Для каждого из состояний с выполнением ФБ, выделенных в соответствии с пунктом 5.1.4.5, указывается относящаяся к нему инструкция по восстановлению (поддержанию) состояния данной ФБ.

5.1.4.7. Определяется возможность, в зависимости от результатов диагностики состояния АС, одновременного восстановления (поддержания) ФБ. Как правило, предусматривается одновременное восстановление (поддержание) всех ФБ.

Однако по результатам выполненного при разработке РУЗА анализа, отраженного в Техническом обосновании РУЗА, может быть выявлена необходимость установления приоритетов в порядке восстановления (поддержания) ФБ. Приоритеты в порядке восстановления (поддержания) ФБ устанавливаются в следующих случаях:

невозможность восстановления одних ФБ до восстановления других ФБ (так, при нарушении электроснабжения собственных нужд АС целый ряд возможностей по восстановлению ФБ оказывается недоступным, вследствие этого действиям по восстановлению электроснабжения может быть дан приоритет);

имеющиеся непосредственные угрозы целостности конкретных физических барьеров требуют приоритетного восстановления ФБ, направленных на парирование этих угроз;

время, которым располагает персонал АС на выполнение действий, предотвращающих значимое ухудшение протекания аварии, существенно меньше, чем время, которое имеется в его распоряжении на выполнение других действий по восстановлению (поддержанию) ФБ, требующих участия тех же лиц из числа персонала (в этом случае приоритет отдается действиям, на выполнение которых у персонала имеется меньше времени).

Указывается порядок определения приоритета в восстановлении (поддержании) ФБ, учитывающий отмеченные выше обстоятельства.

5.1.4.8. Параллельно с выполнением действий в рамках выбранной инструкции (инструкций) по восстановлению (поддержанию) ФБ должен предусматриваться непрерывный контроль состояния АС (включая диагностику состояния с выполнением всех ФБ). Если в результате контроля состояния АС будет установлено, что оно изменилось и требуется иная стратегия управления ЗПА, чем та, которая в данный момент осуществляется, то должно быть принято решение о начале действий по восстановлению (поддержанию) ФБ в соответствии с новой выбранной стратегией управления ЗПА, при этом действия, выполнявшиеся в соответствии с ранее выбранной стратегией управления ЗПА, могут быть приостановлены.

5.1.4.9. Указывается, что решение о прекращении действий по управлению ЗПА на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны принимается после перехода к управлению ЗПА на стадии тяжелого повреждения активной зоны либо при достижении условий прекращения действий в соответствии с РУЗА.

5.1.4.10. Решения об изменении стратегии управления ЗПА, а также о прекращении действий по управлению на стадии предотвращения тяжелого повреждения активной зоны принимаются лицом, к ответственности которого это отнесено в соответствии с подразделом «Организационная структура управления запроектными авариями» раздела «Общие положения» РУЗА.

5.1.5. Стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны

5.1.5.1. В данном разделе представляются стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны. Для целей определения персоналом АС необходимой стратегии по управлению запроектной аварией на указанной стадии при разработке РУЗА должны быть выявлены все физические (физико-химические) процессы, представляющие непосредственные угрозы

физическим барьерам и в первую очередь ГО реакторной установки, требующие немедленных действий по смягчению угроз, а также физические (физико-химические) процессы, требующие управляющих действий, направленных на защиту физических барьеров, но которые не требуют немедленных действий (потенциальные угрозы).

Перечень возможных физических (физико-химических) процессов и явлений в ходе развития тяжелой аварии (на примере АС с реактором типа ВВЭР) приведен в приложении № 9 к настоящему Руководству по безопасности.

Примеры возможных стратегий управления запроектными авариями на стадии тяжелого повреждения активной зоны для реакторной установки АС с реактором типа ВВЭР приведены в приложении № 10 к настоящему Руководству по безопасности.

5.1.5.2. Выбор стратегии управления запроектной аварии на стадии тяжелого повреждения активной зоны производится по результатам диагностики состояния АС с учетом:

имеющейся у персонала АС информации о состоянии физических барьеров на пути распространения РВ в окружающую среду;

оценки процессов и явлений, представляющих непосредственную угрозу сохраняющим работоспособность физическим барьерам и требующих немедленных действий;

оценки иных процессов и явлений, представляющих потенциальную угрозу сохраняющим работоспособность физическим барьерам;

имеющихся в работоспособном состоянии технических средств, которые могут быть использованы для защиты физических барьеров;

оценки радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду.

5.1.5.3. В ходе управления ЗПА на стадии тяжелого повреждения активной зоны предусматривается периодический контроль состояния АС, характеризующегося указанными выше аспектами, по результатам которого принимается решение о продолжении реализации выбранной стратегии управления запроектной аварией или о возникновении необходимости перехода к новой стратегии управления запроектной аварией.

Решение об изменении стратегии управления запроектной аварией принимается лицом, к ответственности которого это отнесено в соответствии с подразделом «Организационная структура управления запроектными авариями» раздела «Общие положения» РУЗА.

5.1.5.4. Выбор стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны проводится, как правило, в условиях ограниченной изученности феноменологии протекания таких аварий как на внутрикорпусной, так и на внекорпусной стадиях; эффективность стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны не всегда может быть обоснована заранее с достаточной точностью.

Рекомендуется приводить в инструкциях РУЗА для стадии тяжелого повреждения активной зоны анализ возможных позитивных и негативных последствий реализации различных стратегий управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны. Рекомендуется указывать, что решение о реализации той или иной стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны принимается на основе учета возможных позитивных и негативных последствий ее реализации в конкретных условиях развития тяжелой аварии.

5.1.5.5. При отсутствии полных расчетных обоснований эффективности стратегий управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны оперативный раздел РУЗА для указанное стадии запроектной аварии представляется в виде инструкций, где действия не предписаны, а рекомендованы с указанием необходимости учета возможных негативных последствий в конкретных условиях развития тяжелой аварии.

5.1.5.6. Допускается включать в состав оперативного раздела для стадии тяжелого повреждения активной зоны ссылки на инструкции по выполнению отдельных задач по управлению ЗПА с предписанным порядком выполнения действий при условии наличия представительного расчетного обоснования действий, предписываемых инструкцией, а также при условии, что параллельно с осуществлением действий по такой инструкции осуществляется контроль состояния АС (оцениваются факторы, перечисленные в пункте 5.1.5.2), по результатам которого может быть принято решение о прекращении действий по указанной инструкции и о переходе к другим действиям по управлению аварией.

5.1.5.7. В структуре РУЗА рекомендуется избегать указаний (рекомендаций) об осуществлении переходов от инструкций РУЗА для стадии тяжелого повреждения активной зоны к инструкциям РУЗА для стадии предотвращения повреждения активной зоны.

5.1.6. Условия прекращения действий в соответствии с руководством по управлению запроектными авариями

Прекращение действий в соответствии с РУЗА (выход из РУЗА) рекомендуется предусматривать при восстановлении контролируемого, стабильного состояния блока АС, отсутствии угроз выхода из указанного состояния, в том числе угроз, связанных с исчерпанием запасов воды, топлива, иными пороговыми эффектами.

5.2. Инструкции по выполнению отдельных задач по управлению запроектными авариями

5.2.1. Инструкции по выполнению отдельных задач по управлению ЗПА могут представлять собой инструкции по восстановлению (поддержанию) ФБ, инструкции по непроектному использованию систем и элементов АС либо инструкции по выполнению иных задач, связанных с управлением ЗПА.

5.2.2. В инструкции по выполнению отдельных задач по управлению ЗПА указываются все имеющиеся на АС технические средства, которые могут быть использованы для достижения целей, для которых выполняется инструкция. Указывается, какие из имеющихся на блоке АС технических средств имеют большую эффективность и надежность.

5.2.3. Рекомендуется в инструкциях по выполнению отдельных задач по управлению ЗПА предусматривать наряду с основной последовательностью действий, направленных на восстановление (поддержание) ФБ, также и альтернативные последовательности действий, подлежащие применению в случаях, когда применение основной последовательности действий невозможно (например, вследствие отказов оборудования). Рекомендации, в соответствии с которыми персонал АС осуществляет выбор между основной и альтернативной последовательностью действий, излагаются в главной инструкции.

5.2.4. В инструкции по выполнению отдельных задач по управлению ЗПА должны быть указаны условия, при которых действия по инструкции прекращаются и происходит возврат в главную инструкцию.

VI. Содержание справочно-информационных приложений к руководству по управлению запроектными авариями

В качестве справочно-информационных приложений к РУЗА включаются:

вспомогательные средства оценки;

техническое обоснование РУЗА;

описание феноменологии тяжелых аварий.

6.1. Вспомогательные средства оценки

Диагностика состояния АС в условиях ЗПА может потребовать сопоставления нескольких измерений, а в некоторых случаях – выполнения дополнительных расчетных оценок. Для облегчения диагностики состояния АС рекомендуется заранее определять необходимые для сопоставления параметры, проводить оценки, вариантные расчеты и снабжать РУЗА вспомогательными материалами, содержащими результаты предварительных оценок и расчетов (например, в виде кривых, номограмм, таблиц). Примеры вспомогательных средств оценки приведены в приложении № 11 к настоящему Руководству по безопасности.

6.2. Техническое обоснование руководства по управлению запроектными авариями

6.2.1. В техническом обосновании РУЗА приводится подтверждение правильности выбора стратегий управления запроектными авариями с учетом выполненных теплогидравлических и иных расчетов, описываются используемые технические средства и измерительные приборы, необходимые для диагностики состояния АС, обосновывается выбор критериев для начала тех или иных действий, предусмотренных в инструкциях РУЗА, на основе результатов расчетов определяются характерные временные интервалы между наступлениями значимых для безопасности АС событий в ходе развития аварийных процессов, подтверждается достаточность временных запасов для реализации стратегий управления ЗПА, предусмотренных в РУЗА, представляются результаты анализа положительных и отрицательных последствий от предпринимаемых действий для управления аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны.

6.2.2. Приводится обоснование, что РУЗА обладает необходимой полнотой охвата ЗПА, а именно, что указания РУЗА по выбору и применению стратегий управления запроектными авариями достаточны для управления всеми запроектными авариями (включая тяжелые аварии), входящими в перечень ЗПА, представленный в отчете по обоснованию безопасности АС. Кроме того, показывается применимость упомянутых указаний для всех состояний АС, отличающихся степенью повреждения физических барьеров на пути распространения РВ и (или) ионизирующего излучения в окружающую среду, а также работоспособностью или неработоспособностью систем безопасности и специальных технических средств, предназначенных для

управления ЗПА. Для этой цели в техническом обосновании формируется перечень постулируемых состояний АС, каждое из которых представляет собой комбинацию степеней повреждения различных физических барьеров, а также состояний работоспособности или неработоспособности систем безопасности и специальных технических средств для управления ЗПА.

6.2.3. Приводится обоснование рекомендуемого объема отработки действий, связанных с управлением ЗПА персоналом АС (объем теоретической подготовки, тренировок на полномасштабном тренажере, противоаварийных тренировок с указанием перечня сценариев, подлежащих отработке, а также оптимальной для поддержания требуемых навыков периодичности отработки каждого из сценариев). При обосновании рекомендуемого объема отработки действий отдельное внимание уделяется готовности персонала к деятельности по управлению ЗПА в условиях неполноты имеющейся информации о состоянии АС.

6.2.4. Приводятся описание и обоснование достаточности принятых при разработке РУЗА мер, направленных на снижение вероятности ошибок персонала отдельно при выполнении действий, основанных на навыках, действий, основанных на правилах, и действий, основанных на знаниях.

6.2.5. Представляется комплекс расчетных анализов ЗПА, обосновывающий эффективность стратегий управления запроектными авариями и отраженных в инструкциях РУЗА. Стратегия управления запроектной аварией признается эффективной, если ее реализация приводит либо к восстановлению ФБ (переводу АС в стабильное и контролируемое состояние), либо к значимому смягчению последствий аварии.

6.2.6. Расчетный анализ для обоснования эффективности принятых стратегий управления ЗПА выполняется для всех действий персонала, предусматриваемых в стратегиях РУЗА, – учитываются как основные, так и альтернативные действия (предусмотренные на случай неуспешности основных действий).

6.2.7. Подлежат обоснованию не только эффективность определенной последовательности действий, предусмотренных принятой стратегией управления запроектной аварией, но и условия входа в инструкции, условия, определенные в инструкциях для начала тех или иных действий, условия перехода к другим шагам, инструкциям, в том числе условия перехода к управлению ЗПА на тяжелой стадии.

6.2.8. При выполнении обоснования эффективности принятых стратегий управления запроектными авариями, должно учитываться, что персоналу АС требуется время для выполнения действий, указанных в инструкциях РУЗА, а также для подготовки к использованию необходимого оборудования.

6.2.9. Для расчетных анализов ЗПА, выполняемых для обоснования РУЗА, применяется реалистичный (неконсервативный) подход (требования реалистичности относятся как к самому ПС, так и к начальным и граничным условиям) в той мере, в какой это позволяет сделать достигнутый уровень науки и техники. Последствия вынужденных отступлений от реалистичного моделирования вследствие недостаточной изученности моделируемых процессов и явлений подлежат оценке в каждом конкретном случае. Для выполнения расчетных анализов используются аттестованные ПС.

6.2.10. При выполнении расчетного обоснования учитывается, что в ряде аварий процессы, угрожающие повреждению физических барьеров, могут развиваться одновременно в реакторной установке, ГО реакторной установки, бассейне выдержки отработавшего топлива. При этом одни указанные процессы могут взаимно влиять друг на друга. Для таких случаев используются либо интегральные, либо сопряженные ПС, позволяющие учесть взаимное влияние процессов, происходящих в различных местах АС.

6.3. Описание феноменологии тяжелых аварий

Приводятся детальные пояснения о феноменологии протекания аварий. При этом рассматриваются физические, физико-химические и иные процессы и явления, характерные для всех стадий развития тяжелых аварий. Представляются также известные сведения о временных характеристиках протекания указанных процессов. Приводятся ссылки на использованные источники информации.

Указанные выше сведения применяются при обучении персонала АС вопросам управления авариями, а также как справочный материал, который может быть использован при управлении авариями. По мере получения новых знаний данный раздел обновляется.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Обозначения и сокращения

АС	–	атомная станция
АПЭН	–	аварийный питательный насос
БПУ	–	блочный пункт управления
ВВЭР	–	водо-водяной энергетический реактор
ВСО	–	вспомогательное средство оценки
ГЕ	–	гидроемкость
ГО	–	герметичное ограждение
ЗПА	–	запроектная авария
ИПУ КД	–	импульсное предохранительное устройство компенсатора давления
ООБ	–	отчет по обоснованию безопасности
ОПАС	–	оказание помощи атомным станциям
ОРУ	–	открытое распределительное устройство
ПАЗ	–	степень повреждения активной зоны
ПГ	–	парогенератор
ПС	–	программное средство
РАО	–	радиоактивные отходы
РВ	–	радиоактивные вещества
РПУ	–	резервный пункт управления
РУЗА	–	руководство по управлению запроектными авариями
САОЗ	–	система аварийного охлаждения активной зоны реактора
САОЗ ВД	–	система аварийного охлаждения активной зоны высокого давления
САОЗ НД	–	система аварийного охлаждения активной зоны низкого давления
САЭ	–	система аварийного электроснабжения
СУЗ	–	система управления и защиты реактора
ФБ	–	функция безопасности
ЯМ	–	ядерные материалы

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Термины и определения

В целях настоящего Руководства по безопасности используются следующие термины:

Вспомогательное средство оценки – заранее подготовленные результаты расчетов в виде графиков, номограмм, таблиц и т.д., которые могут быть легко использованы для целей управления аварией.

Инструкция РУЗА – совокупность рекомендованных РУЗА действий по реализации стратегии управления запроектной аварией, для которых определены условия начала и завершения действий и оценены возможные негативные последствия либо предписанные действия по выполнению отдельных задач управления ЗПА.

Симптомно-ориентированный подход к управлению аварией – подход к управлению ЗПА, основанный на симптомах - непосредственно измеряемых параметрах реакторной установки и АС либо на симптомах, получаемых из измеряемых параметров путем простых расчетов и оценок.

Состояние с выполнением функции безопасности – степень достижения блоком АС состояния, при котором выполняется специфическая конкретная цель, связанная с ФБ, и, кроме того, наличие (либо отсутствие) потенциальных возможностей ухудшения указанной степени достижения состояния, в том числе возможностей, связанных с неработоспособностью технических средств, необходимых для выполнения ФБ.

Состояние АС – совокупность состояния физических барьеров, а также состояния с выполнением основных функций безопасности.

Стратегия управления ЗПА – план действий, для которого установлена последовательность целей и способов их реализации, направленный на достижение основных целей управления ЗПА.

Тяжелая авария – запроектная авария с повреждением твэлов выше максимального проектного предела.

Уровни тяжести – набор постулируемых состояний АС, каждое из которых характеризуется степенью повреждения физических барьеров на пути распространения РВ и/или ионизирующего излучения в окружающую среду.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Общие сведения об особенностях управления запроектными авариями

ЗПА во многом отличаются от проектных аварий, для которых разрабатываются инструкции по ликвидации проектных аварий. Эти отличия касаются как характера протекания ЗПА, так и их тяжести и возможного количества.

Проектные аварии характеризуются обозримым числом исходных событий, при анализе проектных аварий учитывается возможный единичный отказ в системах безопасности или единичная ошибка персонала при выполнении действий, предписанных соответствующими инструкциями. Возникновение и развитие таких аварий достаточно полно и надежно прогнозируется с помощью имеющихся методов анализа, оперативный персонал может отслеживать протекание аварии по срабатыванию или несрабатыванию оборудования, возникновению отказов в системах и другим подобным событиям.

Причиной ЗПА могут быть исходные события, не входящие в перечень исходных событий проектных аварий. Кроме того, ЗПА могут протекать при неограниченном числе отказов, что может существенно затруднить их идентификацию и прогнозирование развития аварии. Протекание и последствия ЗПА невозможно отслеживать и прогнозировать только с помощью подходов, принятых для проектных аварий. В условиях ЗПА приходится ориентироваться на текущее состояние блока АС, определяя его по признакам или симптомам, характеризующим состояние физических барьеров на пути распространения РВ в окружающую среду, либо состояние с выполнением функций безопасности, а также на состояние систем и оборудования АС, востребованных для выполнения ФБ. Такой подход принято называть симптомно-ориентированным подходом.

Повреждение твэлов при ЗПА может превышать максимальный проектный предел (в этом случае ЗПА относятся к тяжелым). Феноменология тяжелых аварий пока еще не полностью изучена и это, кроме необозримого числа сценариев, является еще одной причиной невозможности точного прогнозирования протекания ЗПА. В связи с этим оперативному персоналу АС при ЗПА приходится работать в условиях значительной неопределенности. Все это необходимо учитывать при разработке РУЗА.

Несмотря на огромное количество возможных сценариев, представительный перечень ЗПА для целей планирования противоаварийных действий, в том числе для целей разработки РУЗА, может быть разработан путем построения замкнутой шкалы возможных состояний АС с различными уровнями тяжести. Под

уровнями тяжести понимается набор постулируемых состояний АС, каждое из которых характеризуется степенью повреждения физических барьеров на пути распространения РВ и/или ионизирующего излучения в окружающую среду.

Окончательный перечень ЗПА, который должен охватываться РУЗА, приводится в ООБ АС.

Действия при управлении ЗПА должен выполнять хорошо подготовленный и обладающий высоким уровнем инженерных и физических знаний оперативный персонал. РУЗА должно быть ориентировано на работу оперативного персонала на основе знаний. При этом персонал АС должен быть так подготовлен, чтобы принимать решения и выполнять требуемые действия, обращаясь лишь в необходимых случаях к документации справочно-информационной поддержки. При выполнении хорошо прогнозируемых и отработанных действий работа может вестись на основе правил и отработанных навыков.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 4
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Типы ошибок персонала и их краткая характеристика

Действия персонала классифицируются следующим образом:
действия, основанные на навыках;
действия, основанные на правилах;
действия, основанные на знаниях.

К действиям, основанным на навыках, обычно относят рутинные операции, осуществляемые зачастую механически, выполнение которых отработано тренировками или повседневной деятельностью. Примером действий, основанных на навыках, являются манипуляции оператора с различными органами управления.

К действиям, основанным на правилах, относят операции, осуществляемые в соответствии с предписаниями документов (инструкций, правил, регламентов), устанавливающих требования к выполнению таких операций. Примером действий, основанных на правилах, является выполнение оператором пошаговой процедуры, содержащейся в инструкции или программе.

К действиям, основанным на знаниях, относят решения, принимаемые на основе имеющихся знаний об обстановке, в которой осуществляется деятельность персонала, о протекающих процессах и явлениях и их взаимосвязи при отсутствии правил, регламентирующих порядок принятия такого решения, или при неприменимости (ограниченной применимости) имеющихся правил. Примером действия, основанного на знаниях, является нахождение оператором способа прокладки кабелей от мобильного дизель-генератора при невозможности их прокладки способом, предусмотренным в инструкции (например, вследствие недоступности путей прокладки из-за пожара, обрушений при землетрясении и в других случаях).

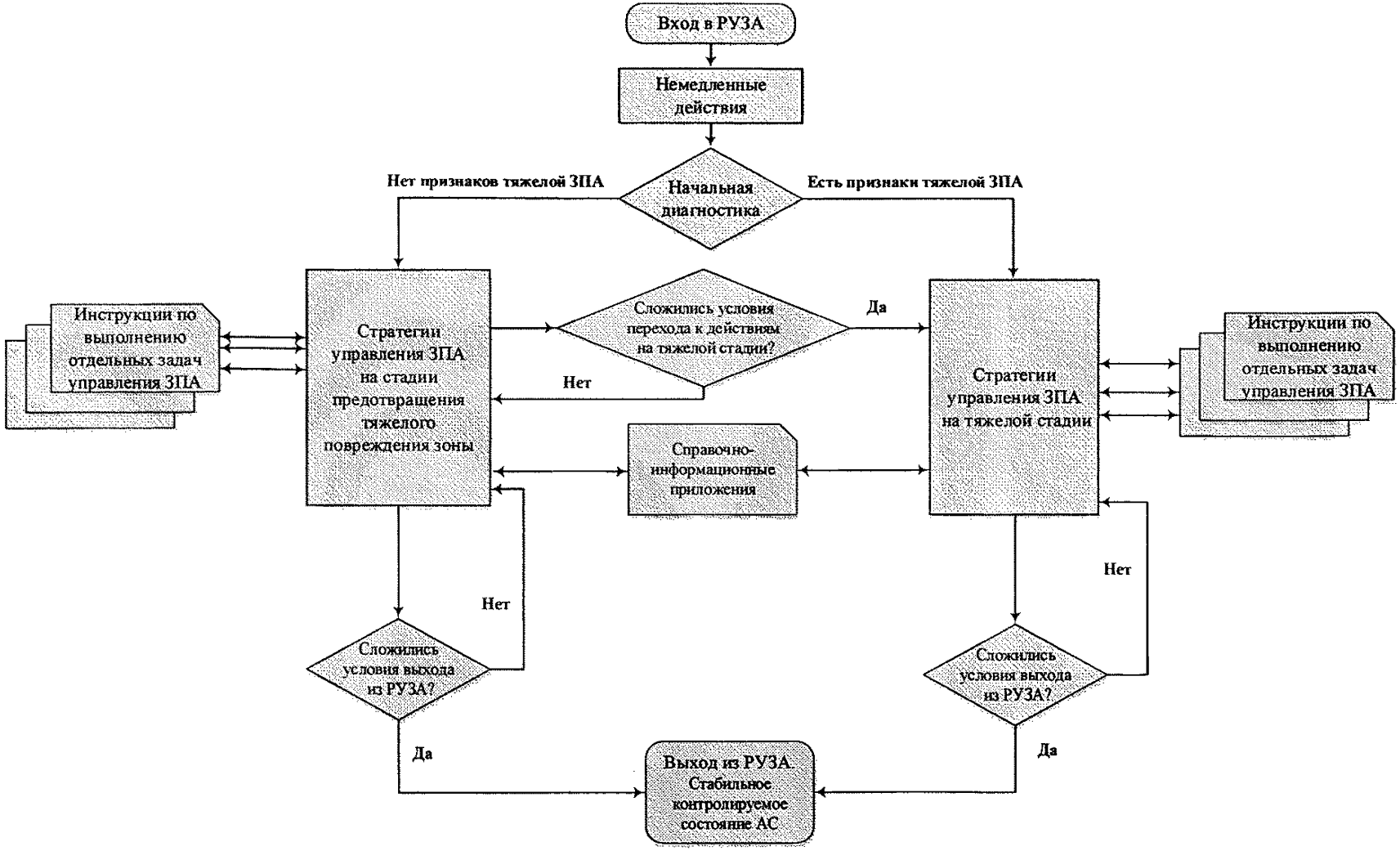
Каждый из типов действий персонала (действия, основанные на знаниях, действия, основанные на правилах, и действия, основанные на навыках) характеризуется присущими для данного типа действий возможностями совершения ошибок, краткая характеристика которых представлена в таблице ниже.

	Ошибки при выполнении действий, основанных на навыках	Ошибки при выполнении действий, основанных на правилах	Ошибки при выполнении действий, основанных на знаниях
Вид деятельности	Рутинные операции	Деятельность, связанная с решением задачи	
Фокусирование внимания персонала	На чем-то другом, чем выполняемая задача	На вопросах, связанных с решаемой задачей	
Способ управления	В основном механический		В определенной степени сознательный
	По наработанным схемам	По имеющимся правилам	
Предсказуемость типов ошибок	В основном предсказуемы. Ошибки типа «решительное, но неправильное поведение»		Непостоянны
Соотношение числа ошибок к возможностям совершения ошибок	Хотя абсолютное количество ошибок может быть значительно, они представляют собой малую часть потенциально возможных ошибок		Абсолютное количество ошибок мало, но велико соотношение числа ошибок к имеющимся возможностям их совершения
Влияние ситуационных факторов	От низкого до умеренного, доминирующее влияние оказывают, как правило, внутренние факторы (такие, как частота предыдущего выполнения действий),		Доминирующее влияние, как правило, оказывают внешние факторы
Легкость обнаружения ошибки	Обнаружение обычно достаточно быстрое и эффективное		Обнаружение ошибок обычно является сложным, реализуется только через внешнее вмешательство
Связь изменений в условиях выполнения	Ошибка может быть следствием того, что знания о произошедших	Изменения, как правило, ожидаемы (на основании имеющегося опыта	К изменениям нет готовности или они не ожидаются

	Ошибки при выполнении действий, основанных на навыках	Ошибки при выполнении действий, основанных на правилах	Ошибки при выполнении действий, основанных на знаниях
действий с ошибкой	изменениях в условиях выполнения действий своевременно не оценены персоналом	или на основании выполненного анализа) и находят то или иное отражение в процедурах. Однако источником ошибок может служить неизвестность относительно того, когда и как ожидаемые изменения произойдут.	

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5
к руководству по безопасности при использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию руководства по
управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми
авариями» РБ-102-15, утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Общий алгоритм действий в соответствии с руководством по управлению запроектными авариями



ПРИЛОЖЕНИЕ № 6
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Примерное содержание руководства по управлению запроектными авариями (на примере блока атомной станции с реактором типа ВВЭР)

1. Общие положения

1.1. Назначение и область применения РУЗА. Структура РУЗА.

1.2. Организационная структура управления ЗПА.

1.3. Общий порядок начала применения РУЗА, перехода от одной инструкции РУЗА к другой (включая условия перехода к управлению ЗПА на стадии тяжелой аварии), прекращения действий в соответствии с РУЗА.

1.4. Порядок осуществления действий, не предусмотренных РУЗА. Порядок и условия вмешательства персонала АС в действия автоматики. Порядок непроектного использования оборудования для выполнения функций безопасности.

1.5. Связь РУЗА с эксплуатационной документацией, действующей на АС.

1.6. Поддержание квалификации персонала в области управления ЗПА.

2. Оперативный раздел

2.1. Главная инструкция

2.1.1. Условия начала применения РУЗА.

2.1.2. Немедленные действия, осуществляемые после начала применения РУЗА.

2.1.3. Начальная диагностика состояния АС.

2.1.4. Стратегии управления запроектной аварией на стадии предотвращения повреждения активной зоны.

2.1.5. Стратегии управления запроектной аварией на стадии тяжелого повреждения активной зоны.

2.1.6. Условия прекращения действий в соответствии с РУЗА.

2.2. Инструкции по выполнению отдельных задач управления запроектной аварией

2.2.1. Перевод (удержание) реактора в подкритическом состоянии (при неисправности СУЗ).

2.2.2. Экстренная организация охлаждения активной зоны от САОЗ (от системы нормальной подпитки).

2.2.3. Организация охлаждения активной зоны от САОЗ (от системы нормальной подпитки).

2.2.4. Организация охлаждения активной зоны от ГЕ САОЗ и САОЗ низкого давления (при неработоспособности САОЗ ВД и высоком давлении в первом контуре).

2.2.5. Организация охлаждения активной зоны при течи из первого контура во второй.

2.2.6. Организация охлаждения активной зоны при течи из первого контура в смежные системы.

2.2.7. Восстановление запаса воды в баках САОЗ.

2.2.8. Организация подпитки первого контура с использованием мобильного оборудования технических средств по управлению ЗПА.

2.2.9. Организация отвода тепла от первого контура посредством процедуры «сброс-подпитка».

2.2.10. Организация отвода тепла от первого контура через парогенераторы.

2.2.11. Организация отвода тепла от первого контура через систему подпитки.

2.2.12. Организация отвода тепла от первого контура с использованием мобильного оборудования технических средств по управлению ЗПА.

2.2.13. Снижение давления в ГО.

2.2.14. Изоляция ГО при течах в пределах ГО.

2.2.15. Изоляция течи первого контура за пределы ГО в смежные системы.

2.2.16. Действия по минимизации значения утечки из ГО.

2.2.17. Восстановление электроснабжения собственных нужд посредством межблочных переключений и переключений на ОРУ.

2.2.18. Восстановление электроснабжения собственных нужд с использованием дизель-генераторов САЭ и дизель-генератора нормальной эксплуатации.

2.2.19. Восстановление электроснабжения собственных нужд с использованием мобильного оборудования технических средств по управлению ЗПА.

2.2.20. Общий порядок действий при пожаре на АЭС.

2.2.21. Действия при пожаре на БПУ, РПУ, щите СУЗ.

2.2.22. Действия при пожаре в помещениях САЭ.

2.2.23. Действия при пожаре в зоне контролируемого доступа в помещениях систем, важных для безопасности.

2.2.24. Действия при пожаре в зоне свободного доступа в помещениях систем, важных для безопасности.

2.2.25. Действия при затоплении (угрозе затопления) помещений систем, важных для безопасности.

2.2.26. Действия по смягчению последствий выброса РВ в окружающую среду.

2.2.27. Действия по предотвращению (смягчению) угрозы воспламенения водорода в ГО.

2.2.28. Действия по предотвращению (смягчению) угрозы опасного вакуумирования ГО.

2.2.29. Действия по предотвращению угрозы проплавления корпуса реактора при высоком давлении в первом контуре.

2.2.30. Действия по предотвращению угрозы проплавления корпуса реактора при низком давлении в первом контуре.

3. Справочно-информационные приложения к РУЗА

2.1. Вспомогательные средства оценки.

2.2. Техническое обоснование РУЗА.

2.3. Расчетное обоснование РУЗА.

2.4. Описание феноменологии тяжелых аварий.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 7
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

**Примерный перечень функций безопасности
(на примере реакторной установки атомной станции
с реактором типа ВВЭР)**

1. Подкритичность реактора.
2. Отвод тепла от активной зоны.
3. Отвод тепла от первого контура к конечному поглотителю.
4. Целостность первого контура.
5. Целостность ГО реакторной установки.
6. Обеспечение нормальных условий функционирования оборудования и персонала (электроснабжение собственных нужд АС, отсутствие пожаров и затоплений).

Примечание.

Обеспечение нормальных условий функционирования оборудования выделяется в отдельную ФБ, так как требует отдельных специфических действий по восстановлению, при этом без успешного восстановления (поддержания) ФБ восстановление (поддержание) других ФБ может быть затруднено или невозможно.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 8
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Пример установления критериев (условий) для диагностики состояния функции безопасности «Отвод тепла от активной зоны»

Состояние с выполнением функции безопасности	**Критерий (условия) для диагностики**	**Инструкция по выполнению отдельных задач управления ЗПА, подлежащая применению**
Охлаждение серьезно нарушено	Температура теплоносителя на выходе из активной зоны более 360 °С	Инструкция 1
Охлаждение может быть нарушено при высоком давлении в первом контуре	(Запас до вскипания теплоносителя на выходе из активной зоны менее 10 °С) и (давление в первом контуре выше напора САОЗ НД) и (САОЗ ВД неработоспособна).	Инструкция 2
Охлаждение может быть нарушено при низком давлении в первом контуре	(Запас до вскипания теплоносителя на выходе из активной зоны менее 10 °С) и (САОЗ ВД и САОЗ НД неработоспособны).	Инструкция 3
Охлаждение неудовлетворительно	(Имеется некомпенсируемая течь теплоносителя первого контура)* и (активная САОЗ неработоспособна)**.	Инструкция 4
Охлаждение удовлетворительно	(Запас до вскипания теплоносителя на выходе из активной зоны более 10 °С)	Инструкция 5

Состояние с выполнением функции безопасности	Критерий (условия) для диагностики	Инструкция по выполнению отдельных задач управления ЗПА, подлежащая применению
	и (работоспособен, по меньшей мере, один канал активной САОЗ** или отсутствует течь первого контура)*.	

* Признаками течи первого контура является наличие признаков течи в ГО (повышение давления, влажности, активности в ГО) либо наличие признаков течи во второй контур (повышение активности котловой воды ПГ или в паропроводах острого пара), либо наличие признаков течи в смежные системы за пределы ГО (повышение активности, температуры и влажности в соответствующих помещениях АС, повышение активности в смежных системах).

** Активная САОЗ считается неработоспособной, если неработоспособны все насосы САОЗ высокого давления (при давлении в первом контуре выше 10 кгс/см^2) или все насосы САОЗ низкого давления (при давлении в первом контуре выше 10 кгс/см^2), или уровень в баке аварийного запаса борного раствора ГА-201 аварийно низок.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 9
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Перечень возможных физических (физико-химических) процессов и явлений в ходе развития тяжелой аварии (на примере атомной станции с реактором типа ВВЭР)

1. Внутрикорпусная фаза

1.1. Разогрев топлива и оболочек твэлов.

1.2. Экзотермические реакции окисления оболочек твэлов и других металлических поверхностей паром, сопровождающиеся выходом водорода.

1.3. Термомеханическое повреждение оболочек твэлов.

1.4. Плавление оболочек топлива, металлоконструкций, ядерного топлива, образование кориума в области активной зоны.

1.5. Перемещение кориума из активной зоны в нижнюю часть корпуса реактора.

1.6. Взаимодействие кориума с остатками теплоносителя в нижней камере реактора (возможна угроза парового взрыва).

1.7. Теплофизические процессы в нижней камере реактора.

1.8. Взаимодействие кориума с корпусом реактора и его проплавление.

2. Внекорпусная фаза

2.1. Повреждение ГО за счет прямого контакта с кориумом (прямой нагрев защитной оболочки).

2.2. Возгорание (дефлаграция/детонация) водорода, поступившего в ГО в течение внутрикорпусной фазы и позже, в течение внекорпусной фазы в результате взаимодействия кориума с бетоном; при этом результатом реакции помимо водорода является угарный газ (CO), который также подвержен воспламенению; помимо интегрального воспламенения опасность представляют также локальные очаги дефлаграции/детонации, так как они могут вызывать появление мелких летящих предметов, способных повредить ГО.

2.3. Взаимодействие кориума с бетоном основания ГО, которое приводит к проплавлению основания.

2.4. Образование и распространение аэрозолей в ГО.

2.5. Длительное воздействие повышенных параметров (давления и температуры), которое может привести к повреждению ГО.

2.6. Возможное байпасирование ГО и выход РВ в окружающую среду, например, через трубчатку ПГ, поврежденную за счет воздействия высокотемпературных газов.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 10
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Примеры возможных стратегий управления запроектными авариями на стадии тяжелого повреждения активной зоны для реакторной установки атомной станции с реактором типа ВВЭР

Стратегия 1. Подача воды в парогенератор

Цели:

защитить трубки ПГ от повреждения вследствие высокотемпературной ползучести;

задержать продукты деления, попадающие в ПГ при повреждении трубок;

отвести тепло от первого контура через ПГ.

Возможные негативные последствия:

явление термоудара, которое может привести к повреждению корпуса или трубок ПГ;

возможный выход продуктов деления (байпас ГО) в случае повреждения трубок и открытия паросбросных устройств второго контура;

ускоренная коррозия теплопередающих поверхностей (в случае использования неочищенной воды).

Стратегия 2. Снижение давления в первом контуре

Цели:

предотвратить разрушение трубок ПГ;

предотвратить выход расплава из корпуса реактора при высоком давлении;

обеспечить подачу борного раствора от насосов САОЗ;

снизить перетоки из первого контура во второй в случае межконтурной течи.

Возможные негативные последствия:

повышение риска парового взрыва в корпусе реактора;

риск «зависания» сбросного устройства после открытия;

возможное нарушение естественной циркуляции (если она присутствовала).

Стратегия 3. Подача воды в первый контур

Цели:

отвести тепло остаточных энерговыделений, тем самым предотвратить или отодвинуть повреждение корпуса реактора;

обеспечить залив расплава/обломков активной зоны с целью удержания продуктов деления.

Возможные негативные последствия:

усиление пароциркониевой реакции (создание угрозы целостности ГО);

усиление угрозы повреждения трубок ПГ вследствие высокотемпературной ползучести (из-за «отжатия» горячих газов в ПГ и из-за повышения давления в первом контуре).

Стратегия 4. Подача воды в герметичное ограждение

Цели:

обеспечить охлаждение расплава/обломков активной зоны, находящихся вне корпуса реактора;

обеспечить залив расплава/обломков активной зоны, находящихся вне корпуса реактора, чтобы удержать продукты деления.

Возможные негативные последствия:

усиление угрозы воспламенения водорода;

разбавление концентрации бора в баке-приямке.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 11
к руководству по безопасности при
использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию
руководства по управлению запроектными
авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15, утвержденному приказом
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 24 июля 2015 г. № 288

Примеры вспомогательных средств оценки

1. Вспомогательное средство оценки № 1: расход, необходимый для заполнения активной зоны

Назначение: определить расход аварийной подпитки первого контура, достаточный для повторного смачивания и заполнения активной зоны, и сделать вывод о необходимости использования дополнительных средств аварийной подпитки помимо средств, работоспособных в момент принятия решения.

Допущения, принятые при разработке расчетного средства:

квазистационарные условия в первом контуре;

геометрия активной зоны сохранена;

вся подаваемая вода достигает активной зоны и используется для ее охлаждения и заполнения;

отводимое тепло включает в себя: остаточное тепловыделение, энергию, выделяющуюся при реакции окисления, и энергию, запасенную в структурах активной зоны;

мощность остаточного тепловыделения рассчитывается исходя из условий номинальной равновесной мощности реактора перед срабатыванием аварийной защиты; предполагается, что уровень остаточного тепловыделения соответствует моменту времени 3 часа после срабатывания аварийной защиты, это составляет примерно 1% от номинальной мощности;

энергия окисления соответствует реакции окисления 25% всего циркония от общей массы в активной зоне; энергия окисления, выделенная в активной зоне на стадии истечения из первого контура, учитывается в составе запасенной энергии;

масса циркония принимается равной 110% массы циркония активной зоны;

запасенная энергия является функцией температуры активной зоны, которая принимается равной 2650 °С по всей активной зоне; хотя принятая величина температуры не соответствует предположению о целостности геометрии активной зоны, данное предположение обеспечивает консервативную оценку запасенной энергии;

величина конвективной теплоотдачи от топлива к теплоносителю принята достаточно большой, чтобы отвести запасенное тепло в течение времени, за которое активная зона заполняется; в фактических условиях активная зона будет

заполнена раньше, чем произойдет ее повторное смачивание; движение несмоченного материала активной зоны возможно, и заполнение активной зоны не гарантирует предотвращение повреждения корпуса реактора;

принято, что начальный уровень воды в корпусе реактора совпадает с нижней высотной отметкой активной зоны (если активная зона частично покрыта водой, когда начинается подача воды в активную зону, то для ее заполнения необходимо меньшее количество воды);

подаваемая вода попадает в корпус реактора в недогретом состоянии и покидает активную зону в состоянии насыщенного пара; если активная зона оголена, то фактически пар на выходе из активной зоны будет перегретым; унос энергии вследствие перегрева пара не учитывается;

паросодержание в заполненной активной зоне принимается равным 0,4;

отвод пара осуществляется через ИПУ КД;

отвод тепла через ПГ не учитывается (если хотя бы один парогенератор действует как сток тепла из первого контура, активная зона будет смочена и заполнена раньше);

работа гидроемкостей не учитывается.

Примечание.

Минимальное требование к заполнению активной зоны состоит в том, что она заполняется через два часа. Максимальное требование к заполнению активной зоны состоит в том, что она заполняется за 45 минут. Если активная зона была оголена в течение длительного времени, то повреждение корпуса реактора может произойти вскоре после начала подачи воды независимо от расхода подачи воды. Таким образом, подача воды не гарантирует предотвращение повреждения корпуса реактора.

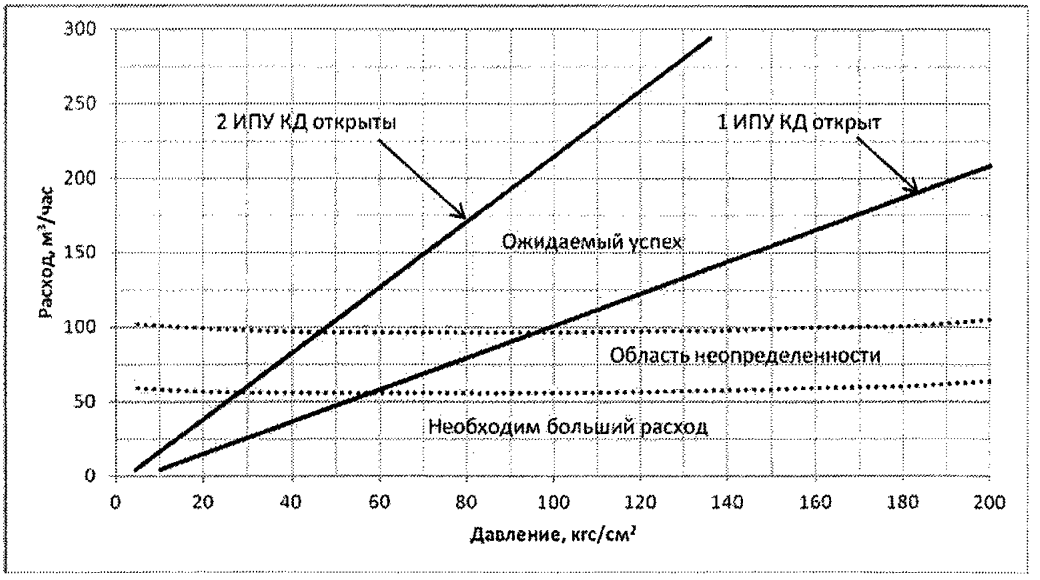


Рис. 1. Расход, необходимый для заполнения активной зоны

Вспомогательное средство оценки № 2: расход, необходимый для отвода остаточных энерговыделений

Назначение: определить минимальный расход аварийной подпитки первого контура, достаточный для отвода остаточного тепловыделения.

Ограничение на применение: не применимо в случае неохлаждаемой или плохо охлаждаемой конфигурации активной зоны.

Допущения, принятые при разработке расчетного средства:

квазистационарные условия в первом контуре;

активная зона заполнена водой (если активная зона частично оголена, то данное ВСО неприменимо, вместо него следует использовать ВСО-1 до тех пор, пока активная зона не будет заполнена водой);

геометрия активной зоны сохранена;

вся подаваемая вода достигает активной зоны и используется для ее охлаждения;

отводимая энергия включает в себя только остаточное тепловыделение; мощность остаточного тепловыделения рассчитывается исходя из условий номинальной равновесной мощности реактора перед срабатыванием аварийной защиты;

подаваемая вода попадает в корпус реактора или в парогенераторы в недогретом состоянии и покидает активную зону или парогенераторы в состоянии насыщенного пара;

энтальпия насыщенного пара соответствует давлению открытия ИПУ КД.

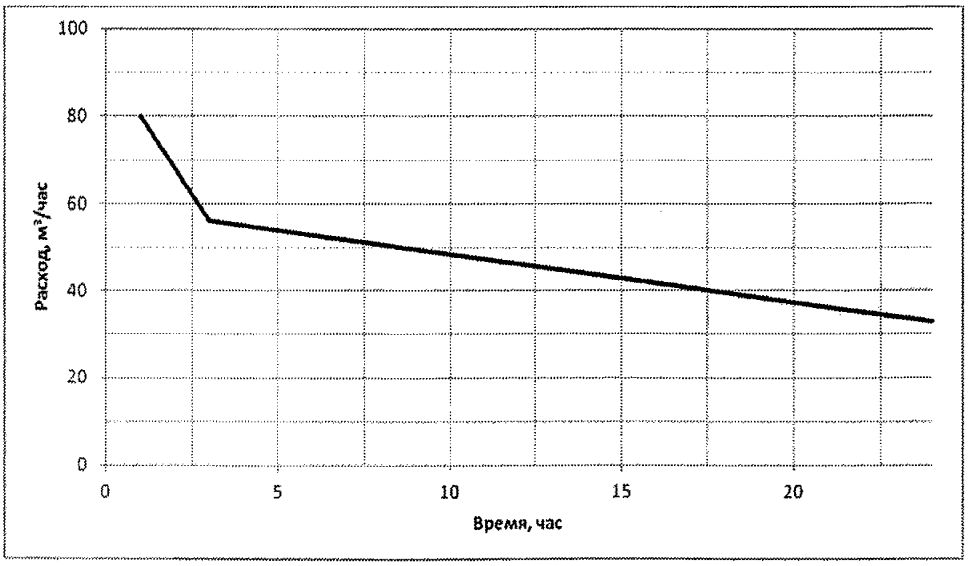


Рис. 2. Расход, необходимый для отвода остаточного тепла в течение 1 суток с момента аварии

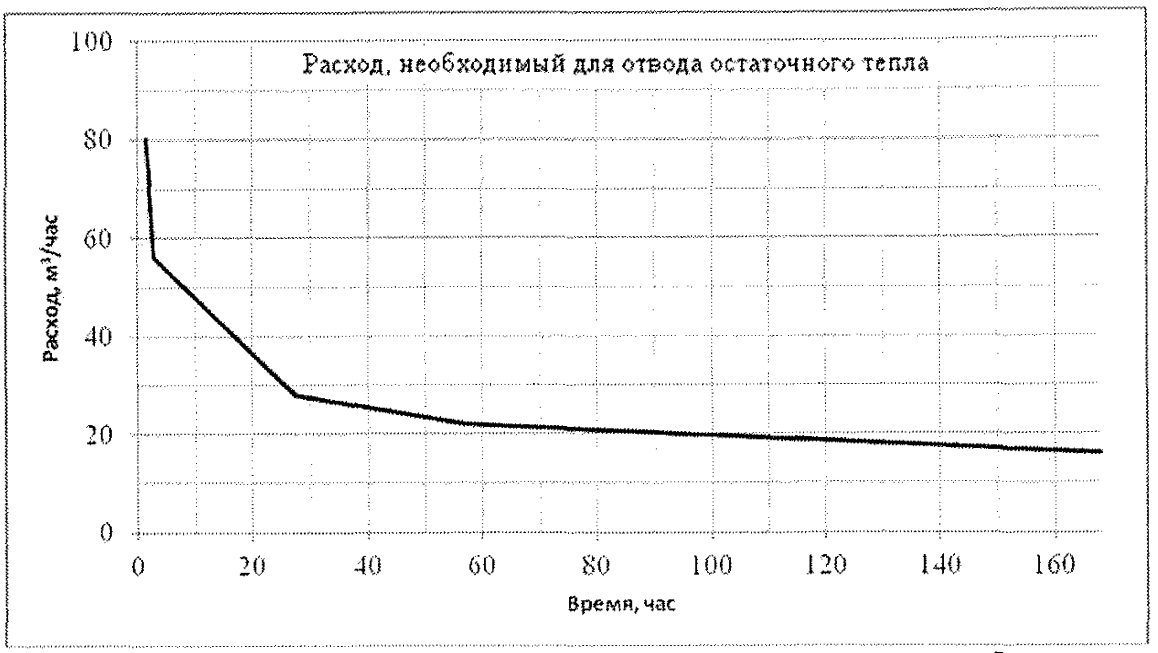


Рис. 3. Расход, необходимый для отвода остаточного тепла в течение 7 суток с момента аварии

Нормативный документ

Руководство по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации к структуре и содержанию руководства по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями»
РБ-102-15

Официальное издание
Ответственный за выпуск Синицына Т.В.
Верстка выполнена в ФБУ «НТЦ ЯРБ» в полном соответствии с приложением к приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24 июля 2015 г. № 288

Подписано в печать 24.08.2015.

ФБУ «Научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)
является официальным издателем и распространителем
нормативных актов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.04.06 № 384)

Тираж 100 экз.
Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ».
Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5
Телефон редакции: 8-499-264-28-53

gost.e-ecolog.ru