РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ
при использовании атомной энергии



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 ДЛЯ БЛОКА АТОМНОЙ СТАНЦИИ

РБ-044-18

ФБУ «НТЦ ЯРБ»

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 9 августа 2018 г. № 355

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

«РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 ДЛЯ БЛОКА АТОМНОЙ СТАНЦИИ" (РБ-044-18)

Введены в действие
с 09 августа 2018 года

Москва 2018

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для блока атомной станции" (РБ-044-18)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Москва, 2018

Руководство по безопасности РБ-044-18 «Рекомендации по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для блока атомной станции» разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии" в целях содействия соблюдению требований пункта 8 и пунктов 27 - 30 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Основные требования к вероятностному анализу безопасности блока атомной станции" (НП-095-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 августа 2015 г. № 311.

Содержит рекомендации по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для всех режимов нормальной эксплуатации блока атомной станции (работа на мощности, режимы останова, расхолаживание, перегрузка ядерного топлива, техническое обслуживание и ремонт систем (элементов), разогрев, пуск) с реакторами любых типов для внутренних исходных событий, а также внутренних (внутриплощадочные пожары и затопления и другие внутренние воздействия) и внешних воздействий природного (наводнение, цунами и другие воздействия) и техногенного (падение самолета, взрывы на объектах и другие воздействия) происхождения.

Рекомендации распространяются на проектируемые, сооружаемые и эксплуатируемые блоки атомных станций.

Руководство по безопасности предназначено для использования проектными, конструкторскими и эксплуатирующими организациями, а также Ростехнадзором.

Выпускается взамен РБ-044-09 «Основные рекомендации к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа ВВЭР» и РБ-068-09 « Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК».

I. Общие положения

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии "Рекомендации по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для блока атомной станции" (РБ-044-18) (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 пункта 8 и пунктов 27 - 30 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Основные требования к вероятностному анализу безопасности блока атомной станции" (НП-095-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 августа 2015 г. № 311.

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее - Ростехнадзор) по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для всех режимов нормальной эксплуатации блока атомной станции (работа на мощности, режимы останова, расхолаживание, перегрузка ядерного топлива, техническое обслуживание и ремонт систем (элементов), разогрев, пуск) (далее - эксплуатационные состояния) с реакторами любых типов для внутренних исходных событий, а также внутренних (внутриплощадочные пожары и затопления и другие внутренние воздействия) и внешних воздействий природного (наводнение, цунами и другие воздействия) и техногенного (падение самолета, взрывы на объектах и другие воздействия) происхождения (далее - ВАБ уровня 2).

3. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для использования проектными, конструкторскими и эксплуатирующими организациями, а также Ростехнадзором.

4. Рекомендации данного Руководства по безопасности распространяются на проектируемые, сооружаемые и эксплуатируемые блоки атомных станций.

5. ВАБ уровня 2 может быть выполнен с использованием иных подходов, чем те, которые рекомендованы в настоящем Руководстве по безопасности, при их обоснованности для обеспечения безопасности.

6. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекоменда-

ции в части целей, объема выполнения, состава, содержания и последовательности выполнения отдельных задач ВАБ уровня 2, а также содержания и объема отчетной документации.

7. Список сокращений, используемых в настоящем Руководстве по безопасности, приведен в приложении № 1, термины и определения - в приложении № 2, рекомендуемый состав отчета по ВАБ уровня 2 - в приложении № 3, основные этапы анализа надежности системы герметичного ограждения - в приложении № 4, примеры признаков СПИР для различных типов реакторов - в приложении № 5.

II. Общие сведения

8. ВАБ уровня 2 рекомендуется выполнять с целью:

определения суммарной вероятности большого аварийного выброса для каждого блока АС на интервале в один год по всем ИС, всем режимам нормальной эксплуатации, всем имеющимся на блоке АС местам нахождения ядерных материалов, РВ и РАО (далее - суммарная вероятность большого аварийного выброса для каждого блока АС на интервале в один год);

определения соответствия/несоответствия суммарной вероятности большого аварийного выброса для каждого блока АС на интервале в один год целевому ориентиру безопасности блока АС по вероятности большого аварийного выброса для каждого блока АС на интервале в один год, равной 1,0E-7, установленному федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций" (НП-001-15), утвержденными приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522;

определения возможных категорий аварийных выбросов для блока АС и последствий аварий, определяемых аварийными выбросами каждой категории аварийных выбросов;

определения мероприятий по обеспечению безопасности блока АС;

выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на последствия аварий.

9. ВАБ уровня 2 может быть использован для:

обоснования перечня тяжелых аварий и определения представительных сценариев тяжелых аварий;

обоснования руководств по управлению запроектными авариями;

определения мер по управлению тяжелыми авариями;

определения границы зоны планирования защитных мероприятий.

10. ВАБ уровня 2 рекомендуется выполнять на основе результатов вероятностного анализа безопасности уровня 1 (далее - ВАБ уровня 1) после подтверждения экспертизой качества ВАБ уровня 1.

11. ВАБ уровня 2 рекомендуется выполнять поэтапно.

На первом этапе рекомендуется рассматривать в качестве источника радиоактивности твэлы в активной зоне реактора и в БВ, в качестве исходных событий - внутренние ИС, в качестве эксплуатационного состояния - работу блока АС на мощности.

На втором этапе рекомендуется рассматривать в качестве источника радиоактивности твэлы в активной зоне реактора и в БВ, в качестве ИС - внутренние ИС, в качестве эксплуатационных состояний - режимы останова, расхолаживания, перегрузки ядерного топлива, технического обслуживания и ремонта систем (элементов), разогрева, пуска.

На третьем этапе рекомендуется рассматривать в качестве источника радиоактивности твэлы в активной зоне реактора и в БВ, в качестве исходных событий - внутренние и внешние воздействия, в качестве эксплуатационных состояний - все режимы нормальной эксплуатации блока АС.

На четвертом этапе рекомендуется рассматривать в качестве источника радиоактивности все места нахождения ядерных материалов, включая РВ и РАО (за исключением твэлов в активной зоне реактора и в БВ).

12. В ВАБ уровня 2 для отработавшего ядерного топлива рекомендуется выполнять следующие задачи:

сбор и обработка исходной информации, необходимой для выполнения ВАБ уровня 2;

преобразование результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные для ВАБ уровня 2;

анализ систем;

анализ запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

определение нагрузок на ГО;

моделирование аварийных последовательностей;

определение выбросов РВ;

определение последствий аварий;

определение вероятности большого аварийного выброса, анализ результатов ВАБ уровня 2;

представление результатов ВАБ уровня 2.

Задачу ВАБ уровня 2 "Определение нагрузок на ГО" рекомендуется выполнять в отношении блоков АС, имеющих ГО.

Рекомендуется выполнять все задачи ВАБ уровня 2, даже если показано, что суммарная вероятность большого аварийного выброса не превышает значения целевого ориентира по вероятности большого аварийного выброса.

Рекомендуется выполнять все задачи ВАБ уровня 2, перечисленные в пункте 12 настоящего Руководства по безопасности для первого и второго этапов, указанных в пункте 11 настоящего Руководства по безопасности. Результаты решения задач ВАБ уровня 2 из пункта 12 настоящего Руководства по безопасности, полученные на первом этапе, могут быть использованы при решении задач ВАБ уровня 2 на втором этапе при представлении в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 соответствующих обоснований.

Объем выполнения задач ВАБ уровня 2 для третьего этапа, указанного в пункте 11 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется устанавливать при выполнении третьего этапа. Для третьего этапа (пункт 11 настоящего Руководства по безопасности) могут быть использованы результаты выполнения ВАБ уровня 2 первого и второго этапов (пункт 11 настоящего Руководства по безопасности).

Рекомендации по выполнению ВАБ уровня 2 для четвертого этапа, указанного в пункте 11 настоящего Руководства по безопасности, приведены в разделе XIV настоящего Руководства по безопасности.

13. Значение суммарной вероятности большого аварийного выброса для каждого блока АС рекомендуется рассчитывать на интервале в один календарный год.

14. ВАБ уровня 2 для эксплуатируемых блоков АС рекомендуется выполнять с учетом реального состояния блока АС на основании следующих источников информации:

проектной и конструкторской документации;

отчетов по обоснованию безопасности;

сведений о расследовании нарушений в работе блока АС;

эксплуатационной документации.

ВАБ уровня 2 для сооружаемых блоков АС рекомендуется выполнять на основании проектной и эксплуатационной документации прототипов блока АС.

При выполнении ВАБ уровня 2 для сооружаемых и эксплуатируемых блоков АС рекомендуется также использовать:

результаты исследований (расчетов) аварийных процессов, проведенных в рамках выполняемого ВАБ уровня 2;

требования действующих нормативно-технических документов;

результаты экспериментов;

документы Международного агентства по атомной энергии;

другие документы.

15. Принятые при выполнении ВАБ уровня 2 допущения рекомендуется документировать и обосновывать. Влияние допущений на результаты ВАБ уровня 2 рекомендуется исследовать при выполнении анализа чувствительности.

16. Результаты выполнения ВАБ уровня 2 блока АС, включая описание вероятностной модели блока АС, содержащей модели аварийных последовательностей вероятностной модели блока АС (далее - аварийные последовательности), функциональные события, базовые события с их параметрами, а также полученные в результате расчетов вероятности реализации конечных состояний аварийных последовательностей рекомендуется представлять в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

17. Если на одной площадке АС размещено несколько блоков АС, то допускается распространять результаты ВАБ уровня 2 одного блока АС на другие блоки АС при обосновании отсутствия различий в проектах и/или реальных состояниях блоков АС, в организационных и технических условиях эксплуатации, которые могут приводить к изменению вероятностной модели блока АС и суммарной вероятности большого аварийного выброса.

18. Рекомендации Положения об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для внутренних инициирующих событий для всех режимов работы энергоблока атомной станции, утвержденного приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 9 сентября 2011 г. № 519 (далее - РБ-024-11), распространяются на выполнение ВАБ уровня 2 в части анализа систем и анализа результатов ВАБ.

III. Сбор информации, необходимой для выполнения ВАБ уровня 2

19. Рекомендуется определять состав и объем информации о проекте блока АС, необходимой для выполнения задач ВАБ уровня 2.

20. Рекомендуется собирать детальные сведения о:

реакторной установке (тип реактора, тепловая мощность реактора, количество контуров циркуляции теплоносителя, тип теплоносителя, общий объем теплоносителя в РУ и его элементах, геометрические (длина, высота, ширина, высотная отметка, диаметр и другие параметры), теплогидравлические (гидравлический диаметр, коэффициент сопротивления и другие параметры), физические (масса, материал, плотность, уровень и другие параметры), нейтронно-физические (распределение тепловыделений по ТВС, картограммы загрузки ТВС, обогащение ТВС для различных моментов кампании реактора и различных топливных загрузок и другие параметры) и теплофизические (теплопроводность, теплоемкость и другие параметры) характеристики элементов РУ, необходимые для разработки расчетных моделей запроектных аварий, включая тяжелые аварии и другие данные);

зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях (свободный объем, проектное давление (для ГО), геометрические характеристики помещений, размер, тип и геометрические характеристики связей между помещениями, состав помещений, материалы полов, стен, потолков и другие характеристики);

БВ (геометрические характеристики, конструктивные характеристики, режимы эксплуатации, количество, состав и длительность хранения отработавшего ядерного топлива и другие характеристики);

РВ (за исключением РВ в ТВС) и РАО, имеющихся на блоке АС (место расположения, количество, агрегатное состояние, способ хранения, контроль и другие сведения);

зданиях и помещениях, в которых расположены РВ и РАО (свободный объем, геометрические характеристики помещений, размер, тип и геометрические характеристики связей между помещениями, состав помещений, материалы полов, стен, потолков и другие характеристики), и путях аварийного выброса;

системах блока АС, влияющих на распространение РВ в РУ, зданиях и помещениях блока АС, включая ГО, а также о массе (активности) аварийного выброса;

алгоритмах работы систем (элементов);

действиях персонала по управлению тяжелыми авариями.

21. Рекомендуется собирать информацию о средствах, предусмотренных для управления аварией и ослабления последствий такой аварии, например:

сведения о средствах удержания расплава активной зоны, контроля концентрации водорода;

сведения о системах, специально предусмотренных в проекте соответствующего типа реактора, используемых для ослабления воздействий запроектных аварий, включая тяжелые аварии (спринклерная система, спринклерно-охладительная система, струйно-вихревой конденсатор, системы фильтров, локализующие системы безопасности, система локализующей арматуры ГО, системы вентиляции и другие системы);

сведения о помещениях ГО и прилегающих к нему помещениях;

сведения о возможности использования для управления запроектными авариями, включая тяжелые аварии, оборудования, предусмотренного для других целей.

22. Рекомендуется собирать информацию о конструктивных особенностях блока АС, влияющих на распространение РВ в РУ и помещениях блока АС, на развитие тяжелых аварий, например:

о характеристиках помещений, в которых расположен реактор, влияющих на распространение разрушенных элементов активной зоны и ВКУ и возможность их охлаждения;

о путях распространения РВ при разрушении реактора и/или его элементов;

об ограничителях потока, влияющих на распространение РВ;

о геометрических характеристиках помещений, влияющих на распространение РВ и/или разрушенных элементов активной зоны и ВКУ.

IV. Преобразование результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2

23. В рамках данной задачи проводится группирование конечных состояний аварийных последовательностей, характеризующихся повреждением источника радиоактивности, из ВАБ уровня 1 в СПИР.

СПИР формируются исходя из сходности реакции блока АС по сценарию аварии после повреждения источника радиоактивности (включая воздействие на ГО и связанные с ним системы и/или аварийный выброс). Формирование СПИР и оценка их вероятностей обеспечивают преобразование результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2. Рекомендуется в отчетной документации по ВАБ уровня 2 указывать ссылку на документы, содержащие результаты ВАБ уровня 1, являющиеся исходными данными для ВАБ уровня 2, а также приводить величину суммарной вероятности тяжелых аварий, являющейся исходной информацией для формирования СПИР с указанием ИС, режимов эксплуатации и источников радиоактивности, для которых рассчитана суммарная вероятность тяжелых аварий.

24. СПИР рекомендуется определять на основе рассмотрения множества характерных признаков (атрибутов). При этом рекомендуется, чтобы конечные состояния аварийных последовательностей, группируемые в одно СПИР, обладали сходными значениями всех характерных признаков.

25. Признаки СПИР рекомендуется выбирать таким образом, чтобы каждый из них характеризовал, по крайней мере, один из следующих факторов:

особенности физических процессов, сопровождающих развитие запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

пути аварийного выброса (наличие ГО, наличие или отсутствие байпаса (межконтурные течи, течи за пределы ГО));

состояние ГО до начала аварийного выброса;

состояние систем блока АС, оказывающих влияние на процессы в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях, и/или аварийный выброс при запроектных авариях, включая тяжелые аварии; выбор систем блока АС, состояния которых учитываются в качестве признаков СПИР, рекомендуется обосновывать;

масса (активность) и состав РВ, вышедших из источника радиоактивности;

масса (активность) и состав аварийного выброса.

26. Рекомендуется использовать следующие общие признаки СПИР:

ИС или группы ИС (большая течь, малая течь, переходный процесс, течь за пределы ГО и другие ИС);

зона возникновения ИС (помещение или помещения, возникновение ИС в которых влияет на развитие запроектных аварий, включая тяжелые аварии);

параметры контура циркуляции теплоносителя (например, давление в контуре циркуляции теплоносителя в момент повреждения активной зоны реактора);

состояние систем безопасности и других систем (работоспособны/не работоспособны);

состояние систем отвода тепла из ГО (работоспособны/не работоспособны);

состояние ГО (герметично/негерметично);

состояние локализующих систем безопасности (работоспособны/не работоспособны);

состояние системы изолирующей арматуры ГО (работоспособны/не работоспособны);

состояние фильтрующих элементов ГО (работоспособны/не работоспособны);

состояние систем электроснабжения (работоспособны/не работоспособны);

состояние систем, влияющих на герметизацию контуров циркуляции теплоносителя (паросбросных и изолирующих) (работоспособны/не работоспособны).

Помимо перечисленных могут использоваться и другие признаки, описание и обоснование использования которых рекомендуется приводить в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

Примеры признаков СПИР для различных типов реакторов приведены в приложении № 5 настоящего Руководства по безопасности.

27. Для систем, состояния которых используются для формирования СПИР, рекомендуется разрабатывать/дорабатывать вероятностные модели, которые включают в себя обеспечивающие и управляющие системы, необходимые для выполнения функций систем.

28. Перечень СПИР рекомендуется формировать на основе физически и/или логически возможных комбинаций выявленных признаков СПИР. Для удобства составления перечня СПИР рекомендуется использовать логическую схему, представляемую в графическом или матричном виде.

29. Для группирования конечных состояний аварийных последова-

тельностей из ВАБ уровня 1, характеризующихся повреждением источника радиоактивности в соответствии с выявленными признаками СПИР, и для определения вероятностей реализации СПИР рекомендуется проводить специальный анализ по формированию СПИР, выполняемый с использованием того же программного средства, которое применялось при выполнении ВАБ уровня 1.

30. При выполнении анализа, указанного в пункте 29 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется применять рассмотренные ниже подходы.

Подход 1

1. Конечным состояниям аварийных последовательностей из ВАБ уровня 1, характеризующимся повреждением источника радиоактивности и одинаковыми признаками СПИР, не требующим анализа на уровне минимальных сечений (ИС или группа ИС, зона возникновения ИС, параметры контура циркуляции теплоносителя), присваивается одинаковый уникальный код и выполняется группировка указанных конечных состояний в группы конечных состояний.

2. Выполняется разработка промежуточных вероятностных моделей блока АС (например, деревьев событий), исходными событиями которых являются группы конечных состояний, а функциональными событиями - остальные признаки СПИР. Конечным состояниям с повреждением источника радиоактивности промежуточных вероятностных моделей блока АС, характеризующимся одинаковыми признаками СПИР, присваиваются уникальные одинаковые коды СПИР.

3. Проводится расчет вероятности реализации для каждого из СПИР, а также формирование набора минимальных сечений, определяющих каждое СПИР.

Подход 2

1. Выполняется расширение вероятностных моделей блока АС путем внедрения дополнительных систем, состояния которых использовались в качестве признаков СПИР.

2. Конечным состояниям с повреждением источника радиоактивности расширенных вероятностных моделей блока АС, характеризующимся одинаковыми признаками СПИР, присваиваются уникальные одинаковые коды СПИР.

3. Проводится расчет вероятности реализации для каждого из СПИР, а также формирование набора минимальных сечений, определяющих каждое СПИР.

31. При использовании первого подхода, указанного в пункте 30 настоящего Руководства по безопасности, конечные состояния аварийных последовательностей с повреждением источника радиоактивности из ВАБ уровня 1 рекомендуется группировать с учетом первых трех признаков СПИР, указанных в пункте 26 настоящего Руководства по безопасности. Функциональными событиями в промежуточных вероятностных моделях блоков АС являются признаки СПИР, для которых разрабатываются вероятностные модели систем так же, как и при разработке вероятностных моделей систем блока АС в ВАБ уровня 1. Каждый признак может представляться одним или несколькими функциональными событиями.

32. При использовании второго подхода, указанного в пункте 30 настоящего Руководства по безопасности, вероятностные модели блока АС из ВАБ уровня 1 достраиваются путем включения в вероятностную модель блока АС дополнительных функциональных событий, отражающих признаки СПИР, связанные с состоянием систем. Учет первых трех признаков СПИР, указанных в пункте 26 настоящего Руководства по безопасности, проводится при анализе конечных состояний с повреждением источника радиоактивности расширенных вероятностных моделей блока АС.

33. Присваивать уникальные коды СПИР, сформированные в соответствии с рекомендациями пунктов 31 и 32 настоящего Руководства по безопасности, конечным состояниям аварийных последовательностей с повреждением источника радиоактивности вероятностных моделей блока АС рекомендуется на основе подхода, указанного в пункте 28 настоящего Руководства по безопасности.

34. Допущения, использованные при разработке дополнительных вероятностных моделей блока АС или при доработке вероятностных моделей блока АС из ВАБ уровня 1, рекомендуется обосновывать и представлять в составе документации по ВАБ уровня 2.

35. Рекомендуется не выполнять дальнейший анализ СПИР, вероятность реализации которых на интервале в один год менее величины 1,0E-9, при условии, что суммарный вклад исключенных из дальнейшего анализа СПИР в суммарную вероятность тяжелых аварий составляет не более 1%. Суммарную вероятность СПИР, исключенных из дальнейшего анализа, рекомендуется консервативно распределять между выявленными для последующего анализа СПИР, а также приводить обоснование указанного распределения.

Рекомендуется в ВАБ уровня 2 для отработавшего ядерного топлива производить проверку соответствия суммарной вероятности тяжелых аварий, использованной в качестве исходной информации для формирования СПИР, сумме вероятностей реализации, выявленных для последующего анализа СПИР.

Рекомендуется в ВАБ уровня 2 для отработавшего ядерного топлива при формировании СПИР и категорий аварийных выбросов учитывать только те аварийные последовательности, которые использовались для определения суммарной вероятности тяжелых аварий (не учитывать аварийные последовательности, связанные с выбросами РВ в окружающую среду, обусловленными активностью теплоносителя и среды ГО).

В соответствии с рекомендациями данного раздела настоящего Руководства по безопасности рекомендуется формировать СПИР (определять их вероятность и перечень характерных признаков), характеризующиеся одновременным повреждением нескольких источников радиоактивности (например, повреждение твэлов в активной зоне и в БВ).

36. В составе документации ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять графические изображения дополнительных вероятностных моделей или доработанных вероятностных моделей блока АС из ВАБ уровня 1 с указанием вероятностей (частот) реализации конечных состояний. В составе документации ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять перечень минимальных сечений, определяющих каждое из СПИР и вносящих 99% в вероятность тяжелых аварий на интервале в один год.

V. Анализ систем

37. Целью анализа систем при выполнении ВАБ уровня 2 является разработка вероятностных моделей систем по выполнению всех функций, в которых задействована анализируемая система, и их интеграция в вероятностную модель блока АС для обеспечения выполнения рекомендаций раздела IV настоящего Руководства по безопасности в части разработки промежуточных или расширенных вероятностных моделей блока АС, рекомендаций раздела VI настоящего Руководства по безопасности в части определения нагрузок на ГО, а также рекомендаций раздела VIII настоящего Руководства по безопасности в части разработки моделей аварийных последовательностей.

38. Рекомендуется проводить анализ всех систем, которые могут влиять на распространение РВ в пределах РУ, зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях, на возможность удержания РВ в зоне локализации аварии и аварийный выброс.

39. В ВАБ уровня 2 рекомендуется определять функции, конфигурации, границы и критерии успеха всех принятых для анализа систем, включая системы, которые анализировались в ВАБ уровня 1 и будут учитываться в ВАБ уровня 2. Анализ надежности систем рекомендуется проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе IV руководства по безопасности "Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для внутренних инициирующих событий для всех режимов работы энергоблока атомной станции", утвержденного приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 9 сентября 2011 г. № 519, рекомендациями Руководства по безопасности "Рекомендации по порядку выполнения анализа надежности систем и элементов атомных станций, важных для безопасности, их функций", утвержденного приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 января 2015 г. № 26.

40. Описание способа включения вероятностных моделей систем, состояния которых рассматриваются в качестве признаков СПИР, в вероятностную модель блока АС рекомендуется приводить в соответствующих разделах отчетных материалов по ВАБ уровня 2, формируемых при решении задач ВАБ уровня 2 из разделов IV, VI и VIII настоящего Руководства по безопасности.

41. При разработке вероятностных моделей пассивных систем рекомендуется определять вероятность отказа системы в зависимости от заданных параметров нагружения, отвечающих режимам тяжелых аварий.

42. Для проектов блоков АС, в которых предусмотрено ГО (с учетом реального состояния ГО), рекомендуется разрабатывать расчетную модель ГО, позволяющую оценивать параметры напряженно-деформированного состояния основных элементов ГО: бетона, арматуры, элементов преднапряжения (при наличии), облицовки. При разработке данной модели рекомендуется учитывать поведение этих эле-

ментов за пределами упругого состояния вплоть до наступления предельных состояний. Основные этапы анализа надежности системы ГО изложены в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

VI. Определение нагрузок на герметичное ограждение

43. В рамках данной задачи рекомендуется определять возможные события тяжелой аварии, нагрузки на ГО, обусловленные этими событиями, а также оценивать вероятности нарушения герметичности ГО.

44. При выполнении ВАБ уровня 2 рекомендуется рассматривать нагрузки на ГО при следующих событиях тяжелой аварии, если эти события не исключены конструктивными особенностями блока АС и/или условиями протекания аварии:

паровой взрыв в реакторе;

паровой взрыв за пределами реактора;

горение водорода (все виды) и окиси углерода в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях;

взаимодействие разрушенных элементов активной зоны и ВКУ с бетоном и/или другими элементами АС (например, устройство локализации расплава, бетонный пол шахты реактора и другие элементы АС);

повышение давления (включая квазистатическое) в пределах ГО, обусловленное различными физическими процессами в нем;

реактивные усилия на элементы РУ (выталкивание элементов РУ, приводящее к нарушению герметичности ГО);

повреждение элементов РУ, вызванное высокой температурой (разрушение элементов РУ вследствие превышения напряжениями в конструкционных материалах элементов РУ предела прочности (с учетом его изменения в зависимости от температуры);

ударные воздействия на ГО вследствие разрушения элементов конструкций в помещениях ГО (например, перемещение различных элементов РУ (реактор, трубопроводы, двери и другие элементы);

фрагментация разрушенных компонентов активной зоны при их выходе за пределы реактора (образование большого количества частиц различного размера из расплава активной зоны и ВКУ за короткий промежуток времени, приводящее к значительному увеличению площади теплообмена между расплавом и средой в ГО и, как следствие, к увеличению давления в ГО).

Последние четыре события тяжелых аварий, указанные выше, характерны для сценариев тяжелых аварий, происходящих при высоком давлении (более 7 МПа) в контуре циркуляции теплоносителя.

При выполнении ВАБ уровня 2 рекомендуется учитывать возможность нарушения целостности ГО, если возможно образование межконтурных течей, вызванных разрушением элементов РУ при высоких температурах.

45. Рекомендуется не учитывать события тяжелой аварии, обусловленные нагрузками на ГО, при анализе аварийных последовательностей ВАБ уровня 2, если представлены обоснования, что нагрузки на ГО не превышают проектных величин. Исключение из рассмотрения в ВАБ уровня 2 событий тяжелых аварий по причинам, отличным от вышеуказанных, рекомендуется обосновывать, а обоснования рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

46. При выявлении событий тяжелой аварии, не указанных в пункте 44 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется рассматривать нагрузки на ГО и при этих событиях.

47. Временной интервал, на котором рассматривается тяжелая авария, рекомендуется разбивать на характерные фазы тяжелой аварии, в которых происходит повреждение (нарушение герметичности) ГО. Временные границы фаз тяжелой аварии рекомендуется выбирать с учетом формирования наибольших нагрузок на ГО в различные характерные моменты времени тяжелых аварий (например, в момент времени разрушения корпуса реактора, разрушения элементов ГО, обусловленных различными физическими явлениями при тяжелых авариях (проплавление бетонных конструкций ГО, повышение давления в ГО за счет: поступления в ГО газообразной среды, горения водорода, горения окиси углерода, прямого нагрева ГО и других физических явлений). Длительность фаз тяжелой аварии определяется расчетом тяжелой аварии для СПИР в соответствии с рекомендациями пункта 55 настоящего Руководства по безопасности.

Для СПИР, характеризующихся негерметичностью ГО (межконтурные течи, течи за пределы ГО, исходная негерметичность ГО, отсутствие ГО), рекомендуется рассматривать одну фазу тяжелой аварии.

В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять обоснование выбора фаз тяжелой аварии.

48. Длительность, количество и временные границы фаз тяжелой аварии могут быть уточнены по результатам расчетов тяжелых аварий.

49. Для каждой фазы тяжелой аварии (на момент времени, характеризующийся формированием наибольших нагрузок на ГО) для каждого СПИР проводятся оценки нагрузок на ГО, обусловленных событиями тяжелой аварии, перечисленными в пунктах 44 и 46 настоящего Руководства по безопасности, и оценки вероятности нарушения герметичности ГО. Для СПИР, характеризующихся одновременным повреждением нескольких источников радиоактивности, рекомендуется учитывать нагрузки на ГО от всех поврежденных источников радиоактивности.

Определение нагрузок на ГО для СПИР, характеризующихся исходной негерметичностью ГО (например, межконтурные течи, течи за пределы ГО, исходная негерметичность ГО, отсутствие ГО), не выполняется.

50. Параметры нагрузок на ГО, обусловленных событиями тяжелой аварии, перечисленными в пунктах 44 и 46 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется определять с использованием программных средств, позволяющих определять нагрузки на ГО при указанных событиях тяжелых аварий, а также на основе анализа, включающего разработку расчетных моделей, использование результатов экспериментов, использование результатов анализа, полученных для прототипов блока АС. Использование результатов анализа, полученных для прототипов блока АС, рекомендуется обосновывать. В составе документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять результаты указанного выше анализа, включая расчетные модели, краткое описание результатов экспериментов и результатов, полученных в рамках других исследований (при их использовании представляются сведения из других исследований, достаточные для оценки их корректности и применимости к анализируемому блоку АС).

51. В качестве исходных данных для выполнения оценок нагрузок на ГО, обусловленных событиями тяжелой аварии, рекомендуется использовать результаты анализа тяжелых аварий.

VII. Анализ запроектных аварий, включая тяжелые аварии

52. В рамках данной задачи рекомендуется производить сбор максимально полной информации о развитии запроектных аварий, вклю-

чая тяжелые аварии, в частности, информации о событиях аварии, характере изменения теплофизических параметров в РУ, зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях, массе (активности) и составе аварийных выбросов. Результаты, полученные при решении данной задачи, рекомендуется использовать в задачах ВАБ уровня 2 из разделов VI, VIII и IX настоящего Руководства по безопасности.

53. Исследования тяжелых аварий рекомендуется проводить с использованием интегральных программных средств, комплексно описывающих развитие различных процессов (от исходного события до аварийного выброса) и событий аварии. Допускается использование неинтегральных программных средств, однако при этом приводится обоснование корректности применения результатов расчетов, полученных с помощью одного программного средства, в качестве входных данных для другого программного средства в части учета возможных обратных связей между процессами, моделируемыми разными программными средствами.

54. При нарушении целостности ГО в качестве размера его повреждения для расчета аварийного выброса, обусловленного событиями тяжелой аварии, рекомендуется принимать максимальный характерный размер его поврежденного элемента (например, при повреждении проходки ГО - размер проходки). Размер и место повреждения ГО, используемые для расчета аварийного выброса, рекомендуется обосновывать. При исходном нарушении герметичности ГО (межконтурные течи, течи за пределы ГО, исходная негерметичность ГО, отсутствие ГО и т.п.) размер и место, используемые для расчета аварийного выброса, определяются ИС и/или конструктивными особенностями элементов блока АС.

55. Расчеты запроектных аварий рекомендуется выполнять для каждого СПИР. Расчеты запроектных аварий для СПИР, характеризующихся тяжелыми авариями, рекомендуется выполнять для каждой из фаз тяжелой аварии, установленной для анализируемого СПИР при постулируемых размере и месте повреждения ГО. Длительность выполнения расчетов тяжелых аварий рекомендуется принимать с учетом длительности аварийных выбросов, которую рекомендуется принимать равной не менее 24 часам после начала аварийных выбросов, связанных с повреждением источников радиоактивности и нарушением герметичности ГО. При отсутствии ГО или исходной негерметичности

ГО, включая межконтурные течи и течи за пределы ГО, длительность аварийных выбросов рекомендуется принимать равной не менее 24 часам после начала аварийных выбросов, связанных с повреждением источников радиоактивности. Принятые для расчетов исходные данные рекомендуется обосновывать и представлять в составе отчетных материалов по ВАБ уровня 2. В качестве начальных и/или граничных условий для анализа запроектных аварий, включая тяжелые аварии, рекомендуется использовать признаки, характеризующие СПИР. При выполнении расчетных анализов рекомендуется учитывать проектную неплотность ГО и определять массу (активность) РВ, поступивших в окружающую среду через проектную неплотность ГО.

При проведении расчетов тяжелых аварий для СПИР, характеризующихся одновременным повреждением нескольких источников радиоактивности, рекомендуется учитывать их влияние на аварийные выбросы, а также параметры в РУ, БВ, зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ и БВ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях. Расчеты тяжелых аварий при повреждении нескольких источников радиоактивности выполняются в соответствии с рекомендациями разделов VII и XIII настоящего Руководства по безопасности.

56. Результаты расчетов параметров запроектных аварий, включая тяжелые аварии, выполненных в рамках ВАБ уровня 2, или результаты расчетов параметров запроектных аварий, включая тяжелые аварии, выполненных в рамках других исследований и использованных для целей данного ВАБ уровня 2, рекомендуется представлять в документации по ВАБ уровня 2 вместе с обоснованием применимости расчетов, выполненных в рамках других исследований.

57. В качестве программных средств, используемых для расчетов параметров в РУ, в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также в прилегающих к ним негерметичных помещениях рекомендуется применять программные средства, позволяющие моделировать:

системы (элементы), материалы, здания и помещения, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающие к ним негерметичные помещения, влияющие на протекание запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

тепловыделение (в том числе остаточное тепловыделение) в ядерном топливе, включая неравномерность тепловыделений как по высоте, так и по радиусу активной зоны реактора;

процессы разрушения активной зоны реактора при тяжелой аварии (оголение, плавление, перемещение и другие процессы) и других внутрикорпусных устройств реактора (плавление, перемещение и другие процессы);

экзотермические реакции взаимодействия материалов активной зоны (цирконий, нержавеющая сталь, карбид бора) с водяным паром, сопровождающиеся выделением водорода;

перемещение разрушенных компонентов активной зоны реактора и устройств реактора в расположенные ниже области реактора;

разогрев и разрушение металлоконструкций реактора, расположенных ниже активной зоны и граничащих с активной зоной;

выход разрушенных компонентов активной зоны и ВКУ реактора в расположенные ниже помещения или конструкции и их взаимодействие с материалами конструкций или полом помещений (эрозия, образование водорода, окиси углерода, выход радиоактивных аэрозолей);

образование, перемещение неконденсируемых газов в контуре/контурах циркуляции теплоносителя РУ;

образование, перемещение неконденсируемых газов в помещениях ГО и других помещениях блока АС, перемещение неконденсируемых газов в окружающую среду;

процессы образования и горения водорода и окиси углерода.

58. В качестве программных средств, используемых для оценки массы (активности) аварийных выбросов, рекомендуется применять программные средства, позволяющие моделировать:

выход РВ из твэлов;

распространение РВ в контуре/контурах циркуляции теплоносителя РУ, включая процессы конденсации, осаждения, агломерации и т.д.;

распространение РВ за пределы контура/контуров циркуляции теплоносителя РУ;

образование РВ в результате процессов взаимодействия разрушенных компонентов активной зоны с бетоном и другими материалами (например, при взаимодействии с материалами в устройстве локализации расплава для реакторов типа ВВЭР);

перенос и осаждение РВ внутри зданий и помещений, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях (процессы гравитационного осаждения, термофореза, диффузиофореза, агломерации аэрозолей и осаждения их на горизонтальных и вертикальных поверхностях);

поступление (выход) РВ в окружающую среду.

59. Рекомендуется выполнять расчет массы (активности) РВ и остаточных тепловыделений (изменение остаточных тепловыделений во времени) в ядерном топливе. При расчете массы (активности) РВ и остаточных тепловыделений в ядерном топливе рекомендуется учитывать те РВ, которые на начальном периоде аварии влияют на последствия аварий и определяют остаточные тепловыделения в ядерном топливе. Обоснование выбора состава РВ, учитываемых в ВАБ уровня 2, рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2. Для расчета массы (активности) РВ и остаточных тепловыделений в ядерном топливе рекомендуется принимать момент времени эксплуатации блока АС, при котором масса (активность) РВ и остаточные тепловыделения в ядерном топливе максимальные. Краткую методику расчета массы (активности) РВ и остаточных тепловыделений в ядерном топливе рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2. Результаты расчетов массы (активности) РВ и остаточных тепловыделений (для каждого РВ в отдельности и для всех РВ вместе) в ядерном топливе рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

VIII. Моделирование аварийных последовательностей

60. При разработке моделей аварийных последовательностей рекомендуется определять пути протекания тяжелой аварии, конечные состояния аварийных последовательностей, а также вероятности их реализации. Интервал времени при моделировании аварийных последовательностей (включая разработку промежуточных или расширенных вероятностных моделей блока при формировании СПИР (раздел IV настоящего Руководства по безопасности)) рекомендуется принимать равным не менее 240 часам с момента возникновения ИС.

61. При моделировании аварийных последовательностей рекомендуется определять вероятности функциональных событий аварийных последовательностей, включая вероятности событий тяжелой аварии.

62. При разработке моделей аварийных последовательностей рекомендуется использовать следующие данные:

результаты расчетных анализов, полученные в соответствии с рекомендациями раздела VII настоящего Руководства по безопасности;

результаты ВАБ уровня 1;

признаки СПИР;

опыт выполнения ВАБ уровня 2;

особенности проекта блока АС;

результаты анализа феноменологии тяжелой аварии, оценки нагрузок на ГО и оценки вероятностей нарушения целостности ГО.

63. Аварийные последовательности ВАБ уровня 2 рекомендуется разрабатывать для каждого СПИР, включая СПИР, характеризующиеся одновременным повреждением нескольких источников радиоактивности.

64. Вероятности событий тяжелой аварии рекомендуется обосновывать. Результаты обоснования рекомендуется приводить в отчетной документации по ВАБ уровня 2 для каждого события тяжелой аварии.

65. Для разработки аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 рекомендуется использовать программные средства, позволяющие учитывать зависимости между событиями тяжелой аварии.

66. Модели аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 рекомендуется разрабатывать с учетом моделирования следующих исходных и функциональных событий:

СПИР (определяют исходные события аварийных последовательностей ВАБ уровня 2);

событий тяжелых аварий (функциональные события);

признаков СПИР (функциональные события).

67. Каждое конечное состояние аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 соответствует определенному аварийному выбросу.

68. Присвоение уникальных кодов категорий аварийных выбросов конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 рекомендуется осуществлять на основе признаков категорий аварийных выбросов. Определение категорий аварийных выбросов и их характеристик выполняется при решении задачи вероятностного анализа безопасности "Определение выбросов радиоактивных веществ" (раздел IX настоящего Руководства по безопасности).

69. Модели аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 реко-

мендуется разрабатывать с учетом зависимостей между событиями тяжелой аварии. Описание зависимостей между событиями тяжелой аварии и способ их учета в вероятностной модели блока АС рекомендуется представлять в составе отчетных материалов по ВАБ уровня 2.

70. Для каждого из выявленных СПИР в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 рекомендуется приводить результаты оценок вероятностей реализации конечных состояний аварийных последовательностей.

IX. Определение выбросов радиоактивных веществ

71. В рамках данной задачи определяются категории аварийных выбросов, включая вероятности (частоты) их реализации и массы (активности) аварийных выбросов для рассматриваемых РВ. Сведения о категориях аварийных выбросов используются при решении задач из разделов X и XI настоящего Руководства по безопасности. Определение категорий аварийных выбросов рекомендуется производить в несколько этапов:

определение признаков категорий аварийных выбросов;

присвоение конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 уникальных кодов категорий аварийных выбросов;

оценка вероятностей категорий аварийных выбросов.

72. Категории аварийных выбросов рекомендуется определять на основе результатов исследований тяжелых аварий (сходности массы (активности) и состава аварийных выбросов), выполненных согласно рекомендациям пункта 55 настоящего Руководства по безопасности и полученных с помощью программных средств, указанных в пунктах 57 и 58 настоящего Руководства по безопасности.

73. Каждая из категорий аварийных выбросов характеризуется относительной массой (активностью) аварийного выброса и признаками категорий аварийных выбросов, которые определяются в два этапа (пункты 74 и 75 настоящего Руководства по безопасности).

Относительная масса (активность) аварийного выброса любого анализируемого в ВАБ уровня 2 РВ рассчитывается путем деления массы (активности) РВ, которая поступила в окружающую среду, на массу (активность) РВ, накопившуюся в ядерном топливе на момент возникновения аварии. Относительная масса (активность) аварийного выброса изменяется от 0 до 1.

Относительная масса (активность) аварийного выброса для одного

или нескольких выбранных характерных РВ разбивается на диапазоны изменения относительной массы (активности) аварийного выброса, отличающиеся друг от друга, например, на порядок. В качестве характерных РВ могут рассматриваться, например, изотопы цезия и/или йода. Диапазон изменения относительной массы (активности) аварийного выброса является основным признаком категории аварийных выбросов. Каждому диапазону изменения относительной массы (активности) аварийного выброса присваивается уникальный код (идентификатор) категории аварийного выброса.

74. На первом этапе для каждого из расчетов тяжелых аварий, выполненных для СПИР (включая СПИР с одновременным повреждением нескольких источников радиоактивности), и фаз тяжелой аварии (пункт 55 настоящего Руководства по безопасности) устанавливается соответствие между аварийным выбросом и одним из выбранных диапазонов относительной массы (активности) аварийного выброса (пункт 73 настоящего Руководства по безопасности).

75. На втором этапе для каждой категории аварийных выбросов, характеризующейся диапазоном изменения относительной массы (активности) аварийного выброса и идентификатором категории аварийного выброса, определяются другие признаки категории аварийного выброса путем их установления на основе сведений о начальных условиях расчетов тяжелых аварий, аварийные выбросы для которых лежат в рассматриваемом диапазоне изменения относительной массы (активности) аварийного выброса. Например, могут быть использованы следующие признаки категорий аварийного выброса:

ИС или группы ИС:

ИС с открытием и незакрытием паросбросных устройств;

ИС с отказом на закрытие системы изолирующей арматуры герметичного ограждения;

течи за пределы ГО;

межконтурные течи;

все другие исходные события;

состояние изолирующей арматуры ГО:

закрыта (ГО изолировано);

открыта (ГО не изолировано);

степень герметичности ГО:

герметично;

негерметично;

момент времени нарушения герметичности ГО:

на ранней фазе тяжелой аварии;

на основной фазе тяжелой аварии;

на заключительной фазе тяжелой аварии;

работоспособность систем (при наличии нескольких систем, подача воды в реактор от которых возможна после разрушения реактора, рекомендуется рассматривать состояния каждой из систем в виде отдельных признаков категорий аварийных выбросов), обеспечивающих подачу воды в реактор после разрушения активной зоны и/или реактора:

работоспособны;

не работоспособны;

работоспособность систем отвода тепла от ГО:

работоспособны;

не работоспособны;

момент времени начала аварийного выброса:

выбросы в окружающую среду до некоторого момента времени (например, до момента проплавления пола помещений ГО);

выбросы в окружающую среду после некоторого момента времени (например, после проплавления пола помещений ГО);

месторасположение (высотная отметка) повреждения ГО.

В ВАБ уровня 2 могут быть использованы другие признаки категорий аварийных выбросов при наличии соответствующего обоснования и/или с учетом особенностей проекта блока АС и систем, влияющих на состав, массу (активность) и вероятность аварийных выбросов.

76. Присвоение уникальных кодов категорий аварийных выбросов конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ уровня 2 рекомендуется выполнять на основе сходности логически и/или физически возможных комбинаций признаков категорий аварийных выбросов, указанных в пунктах 74 и 75 настоящего Руководства по безопасности.

77. Количественные расчеты (определение вероятностей реализации категорий аварийных выбросов) для каждого из СПИР рекомендуется выполнять с помощью программных средств, использованных при разработке моделей аварийных последовательностей ВАБ уровня 2, итеративно, изменяя ограничения на вероятность неучитываемых (отсеянных) минимальных сечений до тех пор, пока разница в оценке вероятности категории аварийных выбросов на окончательном шаге не

составит менее 0,1% от вероятности, оцененной на предыдущем шаге итеративного процесса. Ограничения выбираются таким образом, чтобы обеспечивать получение оценок вероятностей категорий аварийных выбросов для всех СПИР, рассматриваемых в ВАБ уровня 2.

78. Все условия и данные, учтенные при выполнении количественных расчетов, рекомендуется документировать для обеспечения возможности воспроизведения полученных результатов. В документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять все количественные данные (вероятности СПИР, показатели надежности, вероятности событий тяжелых аварий, вероятности ошибок персонала, "особые события", "условные события"), используемые в вероятностной модели блока АС при выполнении количественных расчетов, а также информацию о способах учета зависимостей в вероятностной модели блока АС.

79. Формирование категорий аварийных выбросов заключается в определении вероятности их реализации на интервале в один год и массы (активности) аварийного выброса для каждой из категорий аварийных выбросов. Вероятность категории аварийных выбросов на интервале в один год определяется по следующей формуле:

$$R(n) = \sum_{m=1}^{M} F(m) \cdot C(m, n),\ n = \overline{1, N},$$

где: R(n) - вероятность категории аварийных выбросов на интервале в один год для всех СПИР (от 1 до N);

N - количество категорий аварийных выбросов;

n - текущий номер категории аварийных выбросов;

M - количество СПИР;

m - текущий номер СПИР;

$F(m)$ - вероятность СПИР m на интервале в один год;

$C(m, n)$ - вероятность выброса категории n при условии нахождения блока АС в состоянии с повреждением источника радиоактивности m. Вероятность выброса $C(m, n)$ определяется при моделировании аварийных последовательностей.

Рекомендуется производить проверку соответствия суммарной вероятности тяжелых аварий на интервале в один год, использованной в

качестве исходной информации для формирования СПИР, сумме вероятностей реализации выявленных категорий аварийных выбросов на интервале в один год. Результаты указанной проверки рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

80. Для каждой категории аварийных выбросов, характеризующейся основным признаком категории аварийных выбросов - диапазоном относительной массы (активности) РВ аварийного выброса (пункты 73 и 74 настоящего Руководства по безопасности), выбирается тот расчет тяжелой аварии (из числа расчетов, относительная масса (активность) РВ аварийного выброса которых лежит в рассматриваемом диапазоне относительной массы (активности) РВ аварийного выброса), результаты которого характеризуются максимальным аварийным выбросом. Масса (активность) РВ аварийного выброса, определенная в расчетном анализе, указанном выше, является характеристикой категории аварийного выброса.

X. Определение последствий аварий

81. В рамках данной задачи рекомендуется определять дозы облучения населения на различных расстояниях от источника радиоактивности для каждой из категорий аварийных выбросов.

82. Для решения данной задачи рекомендуется использовать программные средства, позволяющие моделировать основные физические процессы (перенос, рассеивание в атмосфере, осаждение РВ) при распространении РВ в окружающей среде и оценивать дозы облучения населения на различных расстояниях от зданий и/или помещений блока АС, из которых поступили РВ в окружающую среду, с учетом метеорологических условий, усредненных для рассматриваемой площадки АС.

83. В качестве начальных условий анализа последствий аварий, обусловленных аварийным выбросом, связанным с отработавшим ядерным топливом, для каждой категории аварийных выбросов рекомендуется использовать результаты расчетов тяжелых аварий, выбранных согласно рекомендациям пункта 80 настоящего Руководства по безопасности.

В качестве начальных условий анализа последствий аварий, обусловленных аварийным выбросом, не связанным с отработавшим ядерным топливом, для каждой категории аварийных выбросов рекомен-

дуется использовать результаты расчетов массы (активности) и состава аварийных выбросов (пункты 124 - 126 настоящего Руководства по безопасности).

84. На начальном периоде аварии на различных расстояниях от зданий и/или помещений блока АС, из которых поступили РВ в окружающую среду, включая границу зоны планирования защитных мероприятий, рекомендуется определять дозы облучения при аварийном выбросе для каждой категории аварийных выбросов.

XI. Определение вероятности большого аварийного выброса и анализ результатов ВАБ уровня 2

85. Суммарную вероятность большого аварийного выброса рекомендуется определять путем суммирования вероятностей реализации категорий аварийных выбросов (для всех источников радиоактивности), характеризующихся необходимостью применения мер защиты населения на начальном периоде аварии на границе зоны планирования защитных мероприятий.

86. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ уровня 2. При этом рекомендуется приводить:

оценку соответствия суммарной вероятности большого аварийного выброса целевому ориентиру по вероятности большого аварийного выброса;

результаты анализа значимости (перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на категории аварийных выбросов);

результаты анализа чувствительности и неопределенности, связанной с вероятностным характером параметров надежности элементов, наступления исходных событий и совершения ошибок персоналом;

выводы по результатам ВАБ уровня 2;

рекомендации по обеспечению безопасности блока АС, сформулированные на основе результатов ВАБ уровня 2.

87. Результатом анализа значимости является выявление количественных характеристик основных элементов вероятностной модели блока АС, в наибольшей степени влияющих на характеристики категорий аварийных выбросов. При выполнении анализа значимости рекомендуется рассматривать следующие элементы вероятностной модели блока АС:

аварийные последовательности (минимальные сечения);

состояния блока АС с повреждением источников радиоактивности;

отказы элементов и систем;

события тяжелой аварии;

ошибки персонала.

88. Анализ значимости рекомендуется выполнять для всех категорий аварийных выбросов.

89. Анализ значимости рекомендуется выполнять с использованием методов, основанных на оценке снижения (увеличения) вероятности (частоты) категории аварийных выбросов при постулировании максимально (минимально) возможной вероятности реализации событий, соответствующих указанным в пункте 87 настоящего Руководства по безопасности элементам вероятностной модели блока АС.

90. При помощи результатов анализа чувствительности оценивается влияние на полученные результаты различных факторов, идентифицированных при разработке ВАБ уровня 2 с учетом их зависимости от принятых допущений.

Анализ чувствительности рекомендуется проводить для следующих факторов:

элементов вероятностной модели блока АС (аварийные последовательности, СПИР, отказы элементов и систем, события тяжелой аварии, ошибки персонала);

принятых допущений;

мероприятий по обеспечению безопасности блока АС, рекомендованных к реализации на основании результатов ВАБ уровня 2.

При анализе чувствительности к принятым допущениям рекомендуется рассматривать:

все принятые допущения и упрощения, влияющие на результаты ВАБ уровня 2;

технические обоснования принятых допущений, включая ссылки на использованные анализы, мотивированные мнения экспертов или нормативные правовые акты.

91. Оценки влияния допущений на характеристики категорий аварийных выбросов рекомендуется выполнять как индивидуально для каждого допущения, так и в совокупности для всех допущений при консервативном и реалистическом их рассмотрении.

92. Результатом анализа неопределенностей является оценка неопределенности (вероятностное распределение) суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, характеризующихся на начальном периоде аварии превышением доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий в зависимости от характеристик неопределенности параметров надежности элементов, частот исходных событий и вероятностей ошибок персонала.

93. При выполнении анализа неопределенностей рекомендуется рассматривать, по крайней мере, параметрическую неопределенность вероятностных характеристик основных элементов вероятностной модели блока АС, перечисленных в пункте 87 настоящего Руководства по безопасности.

XII. Представление результатов ВАБ уровня 2

94. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется приводить сведения, содержащие результаты выполнения всех задач ВАБ уровня 2.

95. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 (при рассмотрении отработавшего ядерного топлива) рекомендуется представлять:

информацию о подходах, использованных при формировании перечня СПИР, их краткую характеристику, вероятности (частоты) реализации и вклад в вероятность (частоту) тяжелых аварий (для отработавшего ядерного топлива);

вероятностную модель в графическом виде (вновь разработанные деревья отказов, промежуточные деревья событий, расширенные деревья событий), используемую для обеспечения преобразования результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2 (для отработавшего ядерного топлива).

При рассмотрении источников радиоактивности, отличных от отработавшего ядерного топлива, указанную выше информацию рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2, если при формировании СПИР используются признаки СПИР, связанные с состояниями систем.

Вероятности (частоты) СПИР представляются в отчетной документации по ВАБ уровня 2 для всех источников радиоактивности.

96. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется приводить информацию о результатах анализа систем, включающую описание систем, деревья отказов (в графическом виде), количественные оценки надежности систем.

97. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять перечень базовых событий вероятностной модели и их описание.

98. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется приводить сведения о сформированных категориях аварийных выбросов (для каждой категории аварийных выбросов приводится: название, краткая характеристика, вероятность (частота) реализации, вклад в суммарную вероятность тяжелых аварий (для отработавшего ядерного топлива), вклад каждого из СПИР в вероятность категории аварийных выбросов).

99. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять информацию о наиболее значимых аварийных последовательностях по результатам количественного анализа для каждой рассмотренной категории аварийных выбросов. К значимым аварийным последовательностям рекомендуется относить аварийные последовательности, вносящие в совокупности не менее 99% вклада в суммарную вероятность тяжелых аварий на интервале в один год. Незначимыми являются аварийные последовательности, суммарный вклад которых в суммарную вероятность тяжелых аварий на интервале в один год составляет менее 1%. Для категорий аварийных выбросов, характеризующихся отказом ГО, рекомендуется указывать основные причины повреждения ГО. Рекомендации данного пункта учитываются только при анализе отработавшего ядерного топлива.

100. Описание категорий аварийных выбросов, включая информацию о массе (активности), составе и вероятности (частоте) аварийных выбросов, рекомендуется представлять в графическом и/или табличном виде для всех категорий аварийных выбросов в отчетной документации по ВАБ уровня 2. При этом рекомендуется приводить обсуждение результатов сформированных категорий аварийных выбросов с точки зрения влияния их характеристик на большой аварийный выброс.

101. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять информацию о дозах облучения населения на начальном периоде аварии на различных расстояниях от зданий и/или помещений блока АС, из которых поступили РВ в окружающую среду, включая границу зоны планирования защитных мероприятий, с соответствующими пояснениями (для всех категорий аварийных выбросов).

102. В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется излагать выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ уровня 2, включая:

оценку безопасности блока АС по значению вероятностного показателя безопасности;

перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на категории аварийных выбросов;

оценку влияния неопределенностей на результаты ВАБ уровня 2, включая мероприятия по обеспечению безопасности блока АС, сформулированные на основе результатов ВАБ уровня 2;

оценку достижения целей, поставленных при выполнении ВАБ уровня 2.

103. Рекомендуется описывать и интерпретировать результаты, полученные при анализе значимости, чувствительности и неопределенностей.

104. Рекомендуется по результатам ВАБ уровня 2 определять мероприятия по обеспечению безопасности блока АС, включая технические и организационные меры по управлению авариями.

XIII. Особенности разработки ВАБ уровня 2 для стояночных режимов эксплуатации блока АС, а также для внутренних и внешних воздействий природного и техногенного происхождения при всех режимах нормальной эксплуатации блока АС

105. В качестве исходной информации для ВАБ уровня 2 в стояночных режимах эксплуатации блока АС рекомендуется принимать результаты ВАБ уровня 1 для стояночных режимов эксплуатации и в отчетной документации по ВАБ уровня 2 указывать ссылку на документы, содержащие результаты ВАБ уровня 1, а также приводить величину суммарной вероятности тяжелых аварий.

106. Рекомендуется разрабатывать СПИР, включая матрицу СПИР для каждого из эксплуатационных состояний, определенных в ВАБ уровня 1 для стояночных режимов эксплуатации в соответствии с рекомендациями раздела IV настоящего Руководства по безопасности. Для уменьшения количества анализируемых СПИР допускается производить дополнительную группировку эксплуатационных состояний. Рекомендуется в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 приводить

обоснование дополнительной группировки эксплуатационных состояний, принимая во внимание, что указанная группировка не должна искажать результаты ВАБ уровня 2.

107. Для стояночных режимов эксплуатации блока АС рекомендуется отдельно формировать СПИР для эксплуатационных состояний, характеризующихся негерметичностью ГО (открытые шлюзы и транспортные люки).

108. ВАБ уровня 2 для стояночных режимов эксплуатации блока АС рекомендуется выполнять в соответствии с рекомендациями разделов I - XIII настоящего Руководства по безопасности.

109. При выполнении расчетов тяжелых аварий для стояночных режимов эксплуатации блока АС для различных эксплуатационных состояний рекомендуется учитывать изменение остаточных тепловыделений в ядерном топливе, а также массы РВ в ядерном топливе, обусловленные длительностью эксплуатационных состояний и загрузкой свежего ядерного топлива (для соответствующих эксплуатационных состояний).

110. Для стояночных режимов эксплуатации блока АС для проведения расчетов тяжелых аварий рекомендуется разрабатывать расчетные модели, если невозможно использовать расчетные модели, разработанные для режима эксплуатации блока АС на мощности. Сведения о расчетных моделях рекомендуется представлять в отчетных документах по ВАБ уровня 2 в соответствии с рекомендациями из Раздела 8 приложения № 3 настоящего Руководства по безопасности.

111. ВАБ уровня 2 для ядерного топлива в БВ, внутренних ИС и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС выполняется в соответствии с рекомендациями разделов I - XIII настоящего Руководства по безопасности.

112. В качестве исходной информации для ВАБ уровня 2 для внутренних ИС, ядерного топлива в БВ и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС рекомендуется принимать результаты ВАБ уровня 1 для внутренних ИС, ядерного топлива в БВ и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС, и в отчетной документации по ВАБ уровня 2 указывать ссылку на документы, содержащие указанные результаты ВАБ уровня 1, а также приводить величину суммарной вероятности тяжелых аварий (для внутренних ИС, ядерного топлива в БВ, всех режимов нормальной эксплуатации блока АС).

113. При анализе тяжелых аварий, связанных с хранением ядерного топлива в БВ, рекомендуется учитывать твэлы, отличающиеся длительностью хранения (остаточными тепловыделениями и массой РВ в ядерном топливе).

114. При анализе тяжелых аварий, связанных с хранением ядерного топлива в БВ, рекомендуется выделять СПИР для эксплуатационных состояний, характеризующихся максимальной выгрузкой ядерного топлива в БВ.

115. При анализе тяжелых аварий, связанных с хранением ядерного топлива в БВ, рекомендуется разрабатывать расчетную модель, включающую БВ с отработавшим ядерным топливом, здания и помещения, в которых расположен БВ, включая ГО, а также прилегающие к ним негерметичные помещения, системы, задействованные в аварии. Сведения о вышеуказанной расчетной модели рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 в соответствии с рекомендациями из Раздела 8 приложения № 3 настоящего Руководства по безопасности.

116. ВАБ уровня 2 для внутренних и внешних воздействий для всех режимов нормальной эксплуатации блока АС рекомендуется выполнять на основе результатов ВАБ уровня 2 для внутренних ИС и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС (этапы 1 и 2 из пункта 11 настоящего Руководства по безопасности).

117. Рекомендуется разрабатывать СПИР, включая матрицу СПИР, отдельно для каждой категории внутренних (пожары, затопления, другие внутренние воздействия) и внешних воздействий в соответствии с рекомендациями раздела IV настоящего Руководства по безопасности.

118. Рекомендуется для СПИР, связанных с каждой категорией внутренних (пожары, затопления, другие внутренние воздействия) и внешних воздействий, проводить анализ применимости СПИР из ВАБ уровня 2 для внутренних ИС (пункт 116 настоящего Руководства по безопасности), а его результаты представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

В случае если СПИР из ВАБ уровня 2 для внутренних ИС и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС невозможно использовать в ВАБ уровня 2 для внешних и внутренних воздействий, рекомендуется для таких СПИР выполнять все задачи ВАБ уровня 2 в соответствии с рекомендациями настоящего Руководства по безопасности.

Представление результатов ВАБ уровня 2 для каждой категории внутренних (пожары, затопления, другие внутренние воздействия) и внешних воздействий проводится в соответствии с рекомендациями настоящего Руководства по безопасности.

XIV. Особенности разработки ВАБ уровня 2 при рассмотрении источников радиоактивности, отличных от отработавшего ядерного топлива

119. Для источников радиоактивности, отличных от отработавшего ядерного топлива, рекомендуется разрабатывать вероятностную модель.

120. Рекомендуется выявлять все места нахождения источников радиоактивности, отличные от отработавшего ядерного топлива. Рекомендуется в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 представлять сведения о всех местах нахождения источников радиоактивности и их характеристики (наименование здания и помещения и их характеристики (геометрические размеры, пути аварийных выбросов, связи с другими помещениями и их размеры для всех путей распространения аварийных выбросов, материалы полов, стен и потолков помещений), масса или активность источника радиоактивности, агрегатное состояние, способ хранения, системы и их характеристики, задействованные при хранении источника радиоактивности, другие сведения).

121. Рекомендуется для всех мест нахождения источников радиоактивности проводить отбор для последующего анализа тех источников радиоактивности, выход за установленные границы хранения которых может приводить к большому аварийному выбросу. Результаты отбора источников радиоактивности, повреждение которых может приводить к большому аварийному выбросу, рекомендуется обосновывать.

122. Для каждого источника радиоактивности, который может приводить к большому аварийному выбросу, рекомендуется определять перечень ИС (включая внутренние ИС и ИС, обусловленные внутренними и внешними воздействиями) и вероятность (частоту) их реализации. Рекомендуется производить группировку ИС на основе сходности массы (активности) РВ, вышедших за установленные границы их хранения.

123. Для источников радиоактивности, эксплуатация которых без

превышения пределов безопасной эксплуатации по радиационным параметрам обеспечивается функционированием различных систем, рекомендуется формировать СПИР на основе признаков, включающих в себя тип ИС или тип группы ИС, а также состояния указанных систем (функционирование/отказ), при этом решается задача ВАБ уровня 2 "Анализ систем", рекомендации по выполнению которой изложены в разделе V настоящего Руководства по безопасности. В противном случае СПИР рекомендуется формировать на основе одного признака - принадлежность к типу ИС. В результате, для всех источников радиоактивности, потенциально приводящих к большому аварийному выбросу, формируются СПИР. Рекомендуется проводить кодировку СПИР с учетом места нахождения источника радиоактивности и типа ИС или типа группы ИС. Перечень СПИР рекомендуется формировать на основе физически и/или логически возможных комбинаций характерных признаков. Для составления перечня СПИР рекомендуется использовать логическую схему, представляемую в графическом или матричном виде.

124. Для всех выявленных СПИР рекомендуется проводить расчеты аварий с целью определения массы (активности), состава, а также других характеристик аварийных выбросов.

125. В качестве программных средств, используемых для проведения расчетов аварий, рекомендуется применять программные средства, позволяющие моделировать:

развитие аварии от ИС до аварийного выброса;

выход РВ за пределы границы хранения источника радиоактивности;

перенос и осаждение РВ внутри зданий и помещений (процессы гравитационного осаждения, термофореза, диффузиофореза, агломерации аэрозолей и осаждения их на горизонтальных и вертикальных поверхностях);

поступление (выход) РВ в окружающую среду;

физические процессы, характерные для рассматриваемого источника радиоактивности.

126. При проведении расчетов аварий рекомендуется определять массу (активность) и состав РВ, которые могут выйти при ИС/группе ИС за установленные границы хранения. Краткую методику указанных расчетов и результаты расчетов рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

Длительность выполнения расчетов аварий рекомендуется принимать с учетом длительности аварийных выбросов, которую рекомендуется принимать равной не менее 24 часам после начала аварийных выбросов, связанных с повреждением источников радиоактивности.

Рекомендуется учитывать те РВ в источнике радиоактивности, которые на начальном периоде аварии влияют на последствия аварий. Обоснование выбора состава РВ, учитываемых в ВАБ уровня 2, рекомендуется представлять в отчетных материалах по ВАБ уровня 2.

127. Категории аварийных выбросов рекомендуется формировать из характеристик выявленных СПИР (вероятность (частота), масса (активность) аварийного выброса).

128. Последствия аварий рекомендуется определять на основе рекомендаций из раздела X настоящего Руководства по безопасности.

129. Определение вероятности большого аварийного выброса и анализ результатов ВАБ уровня 2 рекомендуется проводить в соответствии с рекомендациями раздела XI настоящего Руководства по безопасности. Для источников радиоактивности, отличных от отработавшего ядерного топлива, анализ чувствительности рекомендуется выполнять в отношении тех элементов вероятностной модели, которые ей присущи.

Приложение № 1
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по разработке
вероятностного анализа безопасности
уровня 2 для блока атомной станции",
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 9 августа 2018 г. № 355

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АС	- атомная станция
БВ	- бассейн выдержки
ВАБ	- вероятностный анализ безопасности
ВВЭР	- водо-водяной энергетический реактор
ВКУ	- внутрикорпусное устройство
ГО	- герметичное ограждение
ИС	- исходное событие
ПГ	- парогенератор
РБ	- руководство по безопасности
РБМК	- реактор большой мощности канальный
РВ	- радиоактивное вещество
РАО	- радиоактивные отходы
РУ	- реакторная установка
СПИР	- состояние блока АС с повреждением источника радиоактивности
ТВС	- тепловыделяющая сборка
твэл	- тепловыделяющий элемент

Приложение № 2
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по разработке
вероятностного анализа безопасности
уровня 2 для блока атомной станции",
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 9 августа 2018 г. № 355

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аварийный выброс - поступление в окружающую среду РВ и (или) ионизирующего излучения в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации АС по радиационным параметрам.

Источник радиоактивности - элемент или система блока АС, содержащий(ая) ядерные материалы, РВ или РАО.

Категория аварийного выброса - совокупность конечных состояний аварийных последовательностей вероятностной модели блока АС с аварийным выбросом, сгруппированных на основе признаков, влияющих на массу (активность) и состав аварийных выбросов. Характеристиками категории аварийных выбросов являются вероятность (частота), масса (активность) и состав аварийного выброса.

Конечное состояние аварийной последовательности - установившееся в результате аварии состояние систем (элементов) блока АС, характеризующееся аварийным выбросом и/или степенью повреждения источника радиоактивности.

Повреждение источника радиоактивности - повреждение твэлов или поступление за установленные проектом границы источника радиоактивности РВ и (или) ионизирующего излучения.

Событие тяжелой аварии - физическое явление или любое другое событие, которое может влиять на вероятность (частоту), массу (активность) и состав категорий аварийных выбросов при тяжелой аварии (например, дефлаграционное или детонационное горение водорода).

Состояние блока атомной станции с повреждением источника радиоактивности - конечное состояние или совокупность конечных состояний с повреждением источника радиоактивности, сгруппированных на основе признаков состояния блока АС с повреждением источника радиоактивности, влияющих на повреждение источника/источников радиоактивности, герметичность ГО, вероятность, состав и величину аварийного выброса.

Эксплуатационное состояние блока атомной станции - состояние блока АС, характеризующееся набором уникальных признаков (режимы работы, параметры блока АС, состояние систем и другие признаки).

Приложение № 3
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по разработке
вероятностного анализа безопасности
уровня 2 для блока атомной станции",
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 09 августа 2018 г. № 355

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СОСТАВ ОТЧЕТА ПО ВАБ УРОВНЯ 2

1. Цели и объем ВАБ уровня 2

В отчете рекомендуется приводить следующие сведения:

цели ВАБ уровня 2;

объем исследований;

данные о ВАБ уровня 1, на основе результатов которого будет разрабатываться ВАБ уровня 2 (рассмотренные источники радиоактивности, ИС, эксплуатационные состояния), информация о моменте времени (дате), на который получены результаты ВАБ уровня 1, информация о моменте времени (дате) проведения экспертизы и выводах экспертизы, значение суммарной вероятности тяжелых аварий для исследуемых ИС, данные об эксплуатационных состояниях и источниках радиоактивности;

задачи, решаемые в рамках ВАБ уровня 2;

общие допущения, принятые в ВАБ уровня 2.

2. Краткое описание блока АС

Рекомендуется приводить краткую информацию о площадке размещения блока АС, РУ, контурах циркуляции теплоносителя, контроле и управлении блоком АС, системах основного и аварийного электроснабжения, системах охлаждения основного оборудования, системах, участвующих в выполнении функций безопасности, и системах, выполняющих функции по управлению запроектными авариями, включая тяжелые аварии. В данном разделе рекомендуется представлять сведения о всех источниках радиоактивности (отработавшее ядерное топливо, другие РВ, РАО), расположенных на блоке АС, включая их краткую характеристику (наименование, количество, состав и другие характеристики) и место расположения. Также рекомендуется привести ссылки на соответствующие источники, содержащие более детальную информацию.

3. Описание методик, руководств и компьютерных программ

Рекомендуется приводить краткие характеристики методик, руководств и компьютерных программ, используемых для:

преобразования результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2;

анализа надежности систем, включая моделирование межсистемных и внутрисистемных зависимостей и отказов по общей причине, моделируемых в ВАБ, оценку показателей надежности элементов систем, характеристик неготовности оборудования из-за испытаний, технического обслуживания и ремонта, разработку распределения типа "вероятность отказа - нагрузка" для пассивных систем;

определения нагрузок на ГО;

анализа запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

моделирования аварийных последовательностей;

моделирования действий персонала по управлению запроектными авариями, включая тяжелые аварии, учитываемых в различных задачах ВАБ уровня 2;

анализа зависимостей между событиями тяжелой аварии, учитываемыми в различных задачах ВАБ уровня 2;

определения выбросов РВ;

определения последствий аварий;

анализа результатов ВАБ уровня 2, включая анализы неопределенностей, чувствительности и значимости.

В кратких характеристиках методик, руководств и компьютерных программ, используемых для выполнения каждой из вышеперечисленных задач, рекомендуется приводить ссылки на соответствующие источники, содержащие детальную информацию о методиках, руководствах и компьютерных программах.

4. Сбор информации, необходимой для выполнения ВАБ уровня 2

В отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется приводить сведения, рекомендации по сбору которых приведены в разделе III настоящего Руководства по безопасности.

5. Преобразование результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Преобразование результатов ВАБ уровня 1 в исходные данные ВАБ уровня 2", в частности:

обоснование выбора признаков СПИР, содержащее объяснение влияния каждого из выбранных признаков на один из факторов, указанных в пункте 26 настоящего Руководства по безопасности;

перечень признаков СПИР, принятых для определения СПИР;

анализ по выявлению систем, рассматриваемых в ВАБ уровня 2 и требующих разработки/доработки их вероятностных моделей;

анализ по определению СПИР на основе физически и/или логически возможных комбинаций признаков СПИР;

перечень и идентификаторы всех СПИР, установленных в результате анализа в матричном или графическом виде;

описание и характеристику для каждого СПИР;

СПИР, исключенные из дальнейшего рассмотрения с обоснованием причин их исключения;

анализ по определению вероятностей реализации СПИР, содержащий описание использованного подхода (разработка промежуточных или расширенных вероятностных моделей блока АС), включая описание допущений, используемых при формировании СПИР, и их обоснование.

6. Анализ систем

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи ВАБ уровня 2 "Анализ систем".

Для систем, анализ надежности которых может быть выполнен методами ВАБ уровня 1, в данной главе приводятся сведения, рекомендуемые руководством по безопасности, используемым при выполнении ВАБ уровня 1 для внутренних ИС и всех режимов нормальной эксплуатации блока АС.

В данной главе рекомендуется приводить следующие данные:

анализ, содержащий выявление систем, функционирование которых рекомендуется учитывать при выполнении ВАБ уровня 2; перечень систем, принятых для анализа в ВАБ уровня 2;

перечень систем, требующих разработки логико-вероятностных моделей методами ВАБ уровня 1, с учетом систем, выявленных на этапе определения СПИР.

Для систем, анализ которых не может быть выполнен методами ВАБ уровня 1, в данной главе рекомендуется приводить следующие сведения:

метод учета функционирования систем в ВАБ уровня 2 (построение распределения типа "вероятность отказа - нагрузка" для пассивных систем, моделирование в рамках анализа запроектных аварий, включая тяжелые аварии);

описание назначения систем;

описание функций и конфигураций систем для выполнения различных функций;

описание режимов работы систем при нормальной эксплуатации, возникновении ИС, запроектных авариях, включая тяжелые аварии;

состав систем и их связи с другими системами;

описание действий персонала по управлению и обслуживанию систем;

технологические или структурные схемы систем.

Для пассивных систем, включая ГО, рекомендуется приводить следующие сведения:

все необходимые исходные данные для разработки модели системы;

описание конечно-элементной или иной, используемой в анализе, модели системы;

анализ напряженно-деформированного состояния системы, результаты и выводы анализа;

анализ построения зависимости вероятности отказа системы от параметров нагружения, результаты анализа зависимости "вероятность отказа - параметр нагружения" и выводы после проведенного анализа.

7. Определение нагрузок на ГО

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Определение нагрузок на ГО", в том числе:

перечень возможных событий тяжелой аварии, которые могут приводить к нарушению герметичности ГО;

описание всех выявленных событий тяжелой аварии;

методы определения нагрузок на ГО, обусловленные событиями тяжелой аварии (для каждого события тяжелой аварии, для каждой фазы тяжелой аварии (при наличии ГО и отсутствии нарушения его герметичности, за исключением проектной неплотности ГО), для каждого СПИР);

описание расчетных моделей, использованных для определения нагрузок на ГО;

анализ и результаты определения нагрузок на ГО (для каждого события тяжелой аварии, для каждой фазы тяжелой аварии, для каждого СПИР);

анализ и результаты оценок вероятности нарушения герметичности ГО (для каждого события тяжелой аварии, для каждой фазы тяжелой аварии, для каждого СПИР).

8. Анализ запроектных аварий, включая тяжелые аварии

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Анализ запроектных аварий, включая тяжелые аварии", в том числе:

обоснование выбора программного(ых) средства(в) для выполнения расчетных анализов запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

описание расчетных моделей (РУ, активной зоны (для расчета изотопного состава в отработанном ядерном топливе), систем, включая системы управления, помещений блока АС, в том числе помещений ГО), использованных при анализе запроектных аварий, включая тяжелые аварии;

результаты анализа запроектных аварий, включая тяжелые аварии, для каждого СПИР и для каждой фазы тяжелой аварии при постулируемом размере и месте повреждения ГО, в том числе:

название и версию программного средства, использованного для расчетного анализа;

название и идентификатор расчетного анализа;

описание целей расчетного анализа;

описание начальных и граничных условий (перечень постулируемых отказов, момент времени прекращения расчета);

детальную хронологию тяжелой аварии (начало аварии, моменты времени срабатывания систем, моменты времени повреждения оборудования, моменты времени разгерметизации твэлов, моменты начала плавления твэлов, моменты времени достижения максимального давления и температуры среды в различных элементах РУ, ГО и негерметичных помещениях РУ, моменты времени возникновения событий тяжелой аварии);

моменты времени наступления каждой из фаз тяжелой аварии;

значения важных параметров для оценки нагрузок на ГО (давление и температура в ГО, общая масса водорода и окиси углерода, давление в РУ перед разрушением элементов реактора, другие параметры) для рассматриваемых фаз тяжелой аварии;

распределение массы рассматриваемых РВ в контурах циркуляции теплоносителя, зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях, окружающей среде;

детальное описание развития тяжелой аварии;

рисунки с изменением во времени следующих параметров (перечень рисунков, содержащих изменение во времени параметров, может быть расширен, допускается не представлять рисунки с изменением во времени параметров из приведенного списка, расчет которых не выполняется используемыми для анализа тяжелых аварий программными средствами или параметр не относится к анализируемому типу РУ):

тепловая мощность реактора;

уровень теплоносителя в различных элементах РУ (реактор, парогенератор, барабан-сепаратор, компенсатор давления, барботажный бак, приямок и другие элементы) (несколько временных диапазонов);

расход среды от систем (для каждого из насосов и суммарный расход для группы насосов), состояния которых учитываются при формировании СПИР в качестве признаков СПИР (САОЗ, САОР, система питательной воды, система аварийной питательной воды, сприклерная система, спринклерно-охладительная система и другие системы);

расход теплоносителя в течь (суммарный расход, расход через каждый разрыв, расход через каждое сбросное устройство);

расход среды через паросбросные устройства РУ (при их наличии);

масса теплоносителя в различных элементах РУ (реактор (различные участки), парогенератор, барабан-сепаратор, компенсатор давления, барботажный бак, приямок и другие элементы) (несколько временных диапазонов);

температура теплоносителя (включая температуру насыщения) в различных элементах РУ (парогенератор, барабан-сепаратор, компенсатор давления, барботажный бак, приямок и другие элементы) (несколько временных диапазонов);

мощность, отводимая системами пассивного отвода тепла;

мощность, отводимая системой аварийного расхолаживания ПГ;

расход теплоносителя от пассивных систем;

температура среды на входе и выходе активной зоны (различные агрегатные состояния);

температура металла различных элементов РУ (реактора (различных участков), трубопроводов контуров циркуляции теплоносителя, дыхательного трубо-

провода компенсатора давления, пучка теплообменных труб ПГ, технологических каналов и других элементов) (несколько точек по толщине, высоте, длине - там, где необходимо);

температура оболочек твэлов (для различных высотных отметок в активной зоне и различных радиальных участков в активной зоне);

температура материалов ВКУ реактора;

температура разрушенных компонентов активной зоны;

давление и температура среды в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях (несколько временных диапазонов);

мольные доли газов среды в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях (несколько временных диапазонов и несколько рисунков);

аксиальная и радиальная эрозия бетонных полов и стен в зданиях и помещениях, в которых расположены элементы РУ, включая ГО, а также прилегающих к ним негерметичных помещениях;

общая масса образовавшегося водорода (несколько временных диапазонов);

общая масса образовавшейся окиси углерода (несколько временных диапазонов);

расход среды через проектную неплотность ГО;

расход среды в окружающую среду через разрыв ГО (несколько временных диапазонов);

расход среды в окружающую среду из негерметичных зданий и помещений, в которых расположены элементы РУ;

масса (активность) РВ, вышедших в окружающую среду, - для каждого из РВ, рассмотренных при анализе тяжелой аварии, приводится отдельный рисунок;

заключение и выводы расчетного анализа тяжелой аварии;

обоснование выбора размера и места повреждения ГО для каждой фазы тяжелой аварии (допускается проводить и представлять обоснование для одного из СПИР (за исключением СПИР, характеризующихся признаками нарушения негерметичности (неплотности) ГО или отсутствием ГО), характеризующихся наиболее быстрым выходом РВ в помещения ГО в наибольших количествах);

матрицу расчетных анализов, содержащую название СПИР, название фаз тяжелой аварии, названия расчетных анализов, идентификаторы расчетных анализов.

Результаты анализа запроектных аварий для СПИР, характеризующихся отсутствием повреждения твэлов, в отчетной документации по ВАБ уровня 2 рекомендуется представлять в объеме, достаточном для подтверждения фактов отсутствия повреждения твэлов и стабилизации основных параметров РУ (давления, температуры теплоносителя, температуры оболочек твэлов, расхода в контурах циркуляции теплоносителя, расхода среды от работающих систем, расхода среды через паросбросные устройства, расхода в течь и других параметров).

9. Моделирование аварийных последовательностей

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Моделирование аварийных последовательностей". Для каждого СПИР рекомендуется приводить следующие сведения:

описание развития аварии от ИС до конечных состояний аварийных последовательностей с аварийным выбросом и указанием на расчетное исследование;

допущения, принятые при разработке аварийных последовательностей в ВАБ уровня 2;

описание и обоснование выбора и содержания функциональных событий, описанных в пункте 66 настоящего Руководства по безопасности и использованных для разработки аварийных последовательностей в ВАБ уровня 2, с указанием детальных ссылок на расчетные анализы данного ВАБ уровня 2 или на другие источники информации;

обоснование условных вероятностей функциональных событий, перечисленных в пункте 66 настоящего Руководства по безопасности;

описание и обоснование принятых для анализа конечных состояний (присваивание уникальных кодов конечным состояниям аварийных последовательностей деревьев событий ВАБ уровня 2 выполняется при определении категорий аварийных выбросов);

аварийные последовательности ВАБ уровня 2 в графическом виде;

описание зависимостей между функциональными событиями аварийных последовательностей ВАБ уровня 2, в том числе описание реализации зависимостей в среде программного средства, использованного для разработки вероятностной модели.

10. Определение выбросов РВ

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Определение выбросов РВ". Для каждого СПИР приводятся следующие сведения:

обоснование выбора признаков категорий аварийных выбросов (на основе расчетных анализов тяжелых аварий);

описание признаков категорий аварийных выбросов:

описание категорий аварийных выбросов;

результаты оценок вероятности реализации категорий аварийных выбросов;

описание всех значимых аварийных последовательностей из ВАБ уровня 2;

описание СПИР, входящих в значимые аварийные последовательности.

Рекомендуется приводить сведения о назначении результатов расчетных анализов для каждой из категорий аварийных выбросов.

Рекомендуется приводить матрицу категорий аварийных выбросов, указанную в таблице.

Рекомендуется приводить описание результатов анализа, полученных при построении матрицы категорий аварийных выбросов, включая объяснение и обсуждение значимых категорий аварийных выбросов.

Значимость категории аварийных выбросов рекомендуется определять путем деления вероятности категории аварийных выбросов на суммарную вероятность всех категорий аварийных выбросов.

Матрица категорий аварийных выбросов

Идентификатор или номер СПИР	Вероятность категорий аварийных выбросов (КАВ)						Вероятность СПИР на интервале в один год
	КАВ-1	КАВ-2	-	КАВ-n	-	КАВ-N	
1	C(1, 1)	C(1, 2)	-	C(1, n)	-	C(1, N)	F(1)
2	C(2, 1)	C(2, 2)	-	C(2, n)	-	C(2, N)	F(2)
-	-	-	-	-	-	-	-
m	C(m, 1)	C(m, 2)	-	C(m, n)	-	C(m, N)	F(m)
-	-	-	-	-	-	-	-
M	C(M, 1)	C(M, 2)	-	C(M, n)	-	C(M, N)	F(M)
Суммарная вероятность категории аварийного выброса по всем СПИР на интервале в один год	R(1)	R(2)	-	R(n)	-	R(N)	-
Значимость категорий аварийных выбросов, %	З(1)	З(2)	-	З(n)	-	З(N)	-
Суммарная вероятность тяжелых аварий на интервале в один год	$\sum_{m=1}^{M} F(m) = \sum_{n=1}^{N} R(n)$						

11. Определение последствий аварий

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи "Определение последствий аварий", в том числе:

характеристику программного средства/средств, использованного(ых) для выполнения анализа последствий аварий;

описание расчетной модели, использованной при расчете доз облучения населения;

описание исходных данных, использованных при анализе последствий аварий;

результаты анализа последствий аварий для каждой категории аварийных выбросов (дозы облучения населения на начальном периоде аварии на различных расстояниях от зданий и помещений, в которых расположены элементы РУ (ГО и прилегающие к нему негерметичные помещения), включая границу зоны планирования защитных мероприятий) и обсуждение полученных результатов;

сведения о категориях аварийных выбросов, определяющих вероятность большого аварийного выброса и их обсуждение;

суммарную вероятность большого аварийного выброса.

12. Анализ и представление результатов ВАБ уровня 2

В данном разделе рекомендуется представлять следующие данные:

информацию обо всех СПИР, включая их краткую характеристику, вероятность реализации и вклад в суммарную вероятность тяжелых аварий на интервале в один год;

информацию о каждой категории аварийных выбросов (название, краткая характеристика, вероятность (частота) реализации, вклад в суммарную вероятность тяжелых аварий, вклад каждого из СПИР в вероятность категории аварийных выбросов, масса (активность) и состав аварийного выброса);

описание феноменологии для каждой категории аварийных выбросов. Приводятся наиболее значимые категории аварийных выбросов и наиболее значимые СПИР, обусловившие категории аварийных выбросов. Для наиболее значимых СПИР приводятся наиболее значимые аварийные последовательности из ВАБ уровня 1, обусловившие СПИР. Приводится анализ полученных результатов.

В табличной форме для каждой категории аварийных выбросов рекомендуется представлять следующую информацию:

момент времени начала аварийных выбросов;

продолжительность выбросов РВ;

вероятность (частоту) категории аварийных выбросов;

вероятность реализации категории аварийных выбросов;

относительные массы (активности) всех рассмотренных в анализе РВ, вышедших в окружающую среду;

дозы облучения населения на начальном периоде аварии на границе зоны планирования защитных мероприятий для каждой категории аварийных выбросов;

категории аварийных выбросов и их характеристики (вероятность (частоту) реализации, момент времени начала выбросов (от начала аварии), мощность выбросов (количество энергии, поступившей в окружающую среду за время аварийного выброса), продолжительность выбросов, вероятность нарушения герметичности ГО, массу (активность) и состав аварийных выбросов, дозу облучения).

Рекомендуется приводить наиболее значимые категории аварийных выбросов, исходя из дозы облучения населения. Приводится анализ полученных результатов.

Рекомендуется приводить описание и интерпретацию результатов, полученных при анализе неопределенностей в отношении суммарной вероятности большого аварийного выброса на интервале в один год.

Рекомендуется приводить описание и интерпретацию результатов, полученных при анализе чувствительности в отношении:

суммарной вероятности большого аварийного выброса на интервале в один год;

допущений вероятностной модели блока АС;

событий тяжелых аварий;

мероприятий по обеспечению безопасности блока АС, разработанных на основе результатов ВАБ уровня 2;

других факторов.

Рекомендуется приводить информацию, полученную при анализе значимости для:

отдельных СПИР;

аварийных последовательностей, обусловивших СПИР;

событий тяжелых аварий.

Рекомендуется приводить выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ уровня 2:

оценку безопасности блока АС по значению вероятностного показателя безопасности;

перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на характеристики категорий аварийных выбросов;

оценку достижения целей, поставленных в ВАБ уровня 2.

Приводятся рекомендации по обеспечению безопасности блока АС, разработанные на основе полученных выводов. Приводятся мероприятия по управлению тяжелыми авариями, сформулированные на основе полученных выводов, которые снижают последствия аварий.

Приложение № 4
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по разработке
вероятностного анализа безопасности
уровня 2 для блока атомной станции",
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 9 августа 2018 г. № 355

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ГЕРМЕТИЧНОГО ОГРАЖДЕНИЯ

1. Рекомендуется применять осесимметричные конечно-элементные модели (без учета проходок, люков, шлюзов, резких переходов геометрии) для определения параметров напряженно-деформированного состояния в регулярных зонах бетона и облицовки (вдали от этих элементов) с последующим учетом напряженно-деформированного состояния в нерегулярных зонах с помощью выполнения дополнительного анализа этих зон. Такой анализ может включать в себя определение параметров напряженно-деформированного состояния с помощью дополнительных конечно-элементных моделей этих зон с их дополнительной классификацией по размеру и типу (для ограничения объема расчетов) или путем использования дополнительной информации по уже имеющимся результатам расчетов и/или испытаний аналогичных зон эксплуатирующихся ГО (применимость результатов расчетов и/или испытаний аналогичных зон эксплуатирующихся ГО рекомендуется обосновывать).

2. На основе результатов расчета параметров напряженно-деформированного состояния рекомендуется определять виды отказов элементов ГО при различных типах нагружения: плавном росте давления, быстром росте давления, воздействии температурных полей. Это также позволяет определить последовательность отказов при изменении параметров (например, локальная негерметичность предшествует крупномасштабному разрушению ГО).

3. Определение параметров напряженно-деформированного состояния элементов ГО и видов его отказов может быть выполнено с использованием методов, отличных от вышеуказанных, при их обоснованности, а также представлении в отчетных материалах по ВАБ уровня 2 детальных результатов анализа и описания использованных методик и расчетных схем.

4. Переход от детерминированного к вероятностному расчету осуществляется путем учета факторов, оказывающих влияние на статистический разброс значения предельной нагрузки. Указанные факторы рекомендуется условно разделять на те, которые могут быть оценены и учтены в расчетах, например методами статистического моделирования (разброс механических характеристик материалов, величин предварительного обжатия), и те, которые могут быть оценены только экспертно (дефекты, возникшие вследствие строительно-монтажных работ, погрешности расчетных моделей и методик и другие неучтенные факторы).

Приложение № 5
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по разработке
вероятностного анализа безопасности
уровня 2 для блока атомной станции",
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 9 августа 2018 г. № 355

ПРИМЕРЫ ПРИЗНАКОВ СПИР ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РЕАКТОРОВ

Ниже приведены примеры признаков СПИР для различных типов реакторов.

Признаки СПИР для блоков АС с реакторами типа ВВЭР

1) ИС или группы ИС (большая течь, малая течь, переходный процесс, течь за пределы ГО и другие исходные события);

2) параметры первого контура (например, давление в первом контуре в момент повреждения активной зоны реактора);

3) зона возникновения ИС (помещение или помещения, возникновение ИС в которых влияет на развитие запроектных аварий, включая тяжелые аварии);

4) состояние и режимы использования следующих систем:

спринклерных систем;

систем пассивного отвода тепла от ГО и ПГ;

системы струйно-вихревого конденсатора;

системы гидроаккумуляторов (пассивной части системы аварийного охлаждения активной зоны);

системы пассивного залива активной зоны;

системы аварийного охлаждения активной зоны (возможные конфигурации и режимы работы);

системы изолирующей арматуры ГО;

систем вентиляции ГО (вытяжных, приточных, рециркуляционных);

систем фильтрации, например, фильтрации межоболочечного пространства;

систем, обеспечивающих контроль концентрации горючих и взрывоопасных газов (водород, окись углерода);

активных элементов системы охлаждения устройства локализации расплава;

систем, влияющих на герметизацию второго контура (предохранительные клапаны ПГ, быстродействующие установки со сбросом пара в атмосферу и конденсатор турбины, изолирующая арматура паропроводов и трубопроводов подачи воды в ПГ и другие системы);

систем второго контура, обеспечивающих подачу воды в ПГ;

других систем, влияющих либо на развитие тяжелой аварии, либо на герметичность ГО, либо на массу (активность) и состав аварийного выброса.

Режим работы (работа от бака/баков запаса раствора бора, БВ или других емкостей или работа от приямка/приямков) спринклерной системы, системы аварийного охлаждения активной зоны (различные режимы и конфигурации) и других систем рекомендуется рассматривать в качестве уникальных признаков СПИР.

Помимо вышеперечисленных могут использоваться и дополнительные признаки СПИР, описание и обоснование использования которых рекомендуется приводить в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

Признаки СПИР для блоков АС с реакторами типа РБМК

1) ИС или группы ИС (большая течь, малая течь, переходный процесс);

2) зона возникновения ИС (помещение или помещения, возникновение ИС в которых влияет на развитие тяжелой аварии);

3) состояние контура многократной принудительной циркуляции (например, давление в контуре многократной принудительной циркуляции в момент повреждения активной зоны реактора);

4) состояние и режимы использования следующих систем:

спринклерно-охладительных систем;

системы аварийного охлаждения реактора (возможные конфигурации и режимы работы);

систем подачи питательной воды;

системы изолирующей арматуры ГО;

систем вентиляции ГО (вытяжных, приточных, рециркуляционных);

систем фильтрации;

систем, обеспечивающих контроль концентрации горючих и взрывоопасных газов (водород, окись углерода);

систем, влияющих на герметизацию контура многократной принудительной циркуляции (главный предохранительный клапан, быстродействующая редукционная установка сброса пара в барботер, быстродействующая редукционная установка сброса пара в конденсатор турбины, изолирующая арматура паропроводов и трубопроводов подачи воды в барабан-сепаратор и другие устройства);

систем защиты реакторного пространства от превышения давления;

пассивных систем защиты ГО от превышения давления;

других систем, влияющих либо на развитие тяжелой аварии, либо на герметичность ГО, либо на массу (активность) и состав аварийного выброса.

Различные режимы работы систем (от разных емкостей, различные способы подачи воды) рекомендуется рассматривать в качестве уникальных признаков СПИР.

Помимо вышеперечисленных могут использоваться и дополнительные признаки СПИР, описание и обоснование использования которых рекомендуется приводить в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

Признаки СПИР для блоков АС с реакторами, отличными от ВВЭР и РБМК

1. При формировании признаков СПИР для реакторов, отличных от ВВЭР и РБМК, рекомендуется использовать общие признаки, указанные в пункте 26 настоящего Руководства по безопасности.

2. При формировании признаков СПИР для реакторов, отличных от ВВЭР и РБМК, рекомендуется проводить проверку применимости признаков СПИР, характерных для реакторов типа ВВЭР и РБМК. Результаты анализа рекомендуется представлять в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

3. Признаки СПИР, являющиеся специфическими для анализируемого типа реактора и выявленные при формировании СПИР, рекомендуется приводить в отчетной документации по ВАБ уровня 2.

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии

Рекомендации по разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 для блока атомной станции
РБ-044-18

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 9 августа 2018 г. № 355

Подписано в печать 21.08.2018

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), а также официальным распространителем документов МАГАТЭ на территории России
Тираж 100 экз.
Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ»
Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5

Система менеджмента качества ФБУ «НТЦ ЯРБ» сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2015 и национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2015

gost.e-ecolog.ru