РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

при использовании атомной энергии



РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

РБ-108-16

gost.e-ecolog.ru

ФБУ «НТЦ ЯРБ»

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 19 февраля 2016 г. № 61

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ» (РБ-108-16)

Введено в действие
с 19 февраля 2016 г.

Москва 2016

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов» (РБ-108-16)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Москва, 2016

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов» (далее – Руководство по безопасности) носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации в части применения, состава и содержания исследований, необходимых при выполнении ВАБ для исследовательских ядерных реакторов.

Руководство по безопасности предназначено для использования проектными и эксплуатирующими организациями при проектировании, сооружении, эксплуатации, разработке мероприятий по обеспечению безопасности исследовательских ядерных реакторов, а также Ростехнадзором для осуществления надзора за безопасностью исследовательских ядерных реакторов.

Выпускается впервые[1].

[1] Разработано коллективом авторов в составе Г.И. Самохин, Д.Е. Носков, Т.В. Берг, В.А. Бредова, Хижняк С.А, М.А. Нажитков. (ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

I. Общие положения

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов» (РБ-108-16) (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 подпункта 2 пункта 3.1.8 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июня 2011 г. № 348 (зарегистрирован в Минюсте России 29 августа 2011 г. № 21700) (далее – НП-033-11).

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в части разработки вероятностного анализа безопасности для всех категорий инициирующих событий и для всех возможных эксплуатационных состояний проектируемых, сооружаемых и эксплуатируемых исследовательских ядерных реакторов.

3. Вероятностный анализ безопасности исследовательских ядерных реакторов рекомендуется выполнять с целью определения суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, которые характеризуются превышением доз облучения населения, указанных в Нормах радиационной безопасности (НРБ-99/2009), утвержденных постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47 (далее – НРБ-99/2009), и требуют принятия решения о мерах защиты населения.

4. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для использования проектными и эксплуатирующими организациями при проектировании, сооружении, эксплуатации, разработке мероприятий по обеспечению безопасности исследовательских ядерных реакторов, а также

Ростехнадзором для осуществления надзора за безопасностью исследовательских ядерных реакторов.

5. Вероятностный анализ безопасности исследовательских ядерных реакторов может быть выполнен с использованием иных рекомендаций, чем те, которые содержатся в настоящем Руководстве по безопасности, при их обоснованности для обеспечения безопасности.

6. Вероятностный анализ безопасности рекомендуется выполнять для исследовательских ядерных реакторов, при авариях на которых возможен предельный аварийный выброс, требующий принятия решений о защите населения.

7. Руководство по безопасности содержит рекомендации, выполнение которых обеспечивает приемлемый уровень качества вероятностного анализа безопасности исследовательских ядерных реакторов.

8. Рекомендации настоящего Руководства по безопасности относятся к целям, объему, составу, содержанию и последовательности выполнения отдельных задач, а также содержанию и объему отчетной документации и обеспечению качества при выполнении вероятностного анализа безопасности исследовательских ядерных реакторов.

Список сокращений, используемых в настоящем Руководстве по безопасности, приведен в приложении № 1, термины и определения – в приложении № 2.

II. Общие сведения

9. Настоящее Руководство по безопасности включает общий перечень рекомендаций по выполнению ВАБ РУ с различными конструктивными особенностями, режимами эксплуатации, мощностью, применяемым топливом и другими характеристиками. Невозможность выполнения отдельных рекомендаций настоящего Руководства по безопасности из-за конструктивных или иных особенностей РУ рекомендуется обосновывать при выполнении ВАБ.

10. ВАБ РУ рекомендуется разрабатывать для следующих источников радиоактивности:

ядерное топливо в активной зоне реактора;

ядерное топливо в местах хранения отработавшего топлива, входящих в проект РУ.

11. Рекомендуется учитывать:

все эксплуатационные состояния РУ, включая режимы работы на мощности, пуска и останова;

внутренние инициирующие события и инициирующие события, вызванные внутриплощадочными пожарами, затоплениями и внешними воздействиями.

12. Рекомендуется определять набор аварийных последовательностей, которые могут привести к аварийным выбросам, требующим принятия мер по защите населения, оценивать вероятности их реализации, выполнять расчет вероятностного показателя безопасности и осуществлять сравнение этого показателя с вероятностным показателем, указанным в подпункте 2 пункта 3.1.8 НП-033-11.

13. Результаты ВАБ РУ рекомендуется использовать при ее проектировании и эксплуатации для решения следующих задач:

качественной и количественной оценки уровня ядерной и радиационной безопасности РУ, включая проверку соответствия проекта заданным вероятностным показателям безопасности, и принятия связанных с безопасностью решений на этапах сооружения и эксплуатации РУ;

оценки обеспечения достаточного уровня надежности важных для безопасности систем (элементов), их защищенности от отказов общего вида, а также оценки ошибочных действий эксплуатационного персонала РУ;

разработки рекомендаций по мероприятиям, направленным на повышение безопасности, и по приоритетам их реализации;

оптимизации проектных решений при проектировании РУ;

установления окончательного перечня запроектных аварий, оценки эффективности мер по управлению запроектными авариями;

разработки мер по управлению запроектными авариями;

получения данных для разработки планов мероприятий по защите населения в случае радиационных аварий;

обоснования изменений пределов и условий безопасной эксплуатации РУ;

обоснования внесения изменений в проектную и эксплуатационную документацию (при модернизации и реконструкции систем, важных для безопасности).

14. ВАБ РУ включает следующие задачи:

отбор и группирование эксплуатационных состояний;

отбор и группирование инициирующих событий;

анализ надежности систем;

анализ данных;

анализ надежности персонала;

анализ зависимостей;

анализ аварий;

оценка нагрузок на герметичные ограждения;

определение перечня состояний с повреждением источников радиоактивности;

моделирование аварийных последовательностей;

построение распределения аварийных выбросов;

определение радиационных последствий аварий;

анализ неопределенности, чувствительности и значимости;

оценка уровня безопасности РУ и анализ результатов ВАБ.

15. Значения вероятностей аварийных выбросов рекомендуется рассчитывать для интервала времени, равного календарному году. В случае, когда указанная вероятность рассчитана для интервала времени, не равного календарному году, приведение к одному году осуществляется умножением вероятности на величину год/Т, где Т – интервал продолжительностью более одного года.

16. ВАБ РУ рекомендуется разрабатывать на основании:

проектно-конструкторской и эксплуатационной документации, отражающей состояние РУ на момент начала разработки ВАБ;

результатов анализов аварийных процессов, проведенных в рамках выполняемого ВАБ и (или) в рамках других исследований;

результатов анализов опыта эксплуатации;

требований действующих нормативно-технических документов;

документов Международного агентства по атомной энергии и других международных организаций.

17. Рекомендуется, чтобы принятые при выполнении ВАБ ограничения и допущения не приводили к искажениям показателей безопасности, влияющих на принятие решений на основе результатов ВАБ. Степень влияния допущений и ограничений на результаты ВАБ рекомендуется исследовать при анализе чувствительности.

18. Принятые при выполнении ВАБ ограничения, допущения, их анализ и обоснование рекомендуется приводить в документации по ВАБ.

19. Результаты ВАБ РУ, включая логико-вероятностную модель, содержащую модели аварийных последовательностей, перечень и значения логических операторов, граничные условия, базисные события с их параметрами, а также полученные в результате расчетов наборы минимальных сечений и их вероятности рекомендуется архивировать и сохранять в виде, позволяющем воспроизводить анализы.

III. Отбор и группирование эксплуатационных состояний

20. В рамках данной задачи рекомендуется выполнять составление перечня ЭС РУ, оценка параметров ЭС, формиро-

вание, при необходимости, групп ЭС и оценка параметров групп ЭС.

21. Решать задачу рекомендуется поэтапно:

составить перечень всех возможных ЭС;

определить границы между ЭС, которые будут рассматриваться в ВАБ;

предварительно сгруппировать ЭС;

оценить параметры выделенных групп ЭС;

окончательно сгруппировать ЭС;

детально описать и оценить параметры групп ЭС.

22. Для составления перечня ЭС рекомендуется использовать:

технологический регламент, инструкцию по эксплуатации РУ и другую эксплуатационную документацию;

опыт эксплуатации анализируемой РУ и установок с аналогичным типом реактора (для проектируемых РУ может использоваться опыт эксплуатации аналогичных установок при его наличии);

регламенты ППР;

планы-графики ППР;

результаты выполнения данной задачи в ВАБ для аналогичных РУ;

результаты инженерного анализа РУ (в том числе необходимые расчетные обоснования и другие типы анализов).

23. При составлении перечня ЭС РУ рекомендуется учитывать возможность ее работы с оборудованием или каналами СБ, выведенными в ремонт, виды остановов, особенности ЭС при останове, расхолаживании, подготовке к перегрузке ядерного топлива и/или ремонту РУ, перегрузке ядерного топлива и/или ремонте РУ, подготовке к пуску и пуске.

24. Рекомендуется рассматривать следующие виды остановов РУ (с учетом специфики РУ и возможности реализации видов останова):

плановый останов РУ для перегрузки (частичной и полной) ядерного топлива и ремонта оборудования;

плановый останов РУ для проведения ремонта оборудования;

остановы, вызванные нарушениями нормальной работы РУ, в том числе аварийные (с выгрузкой и без выгрузки топлива).

25. Рекомендуется объединять ЭС РУ в группы с целью сокращения количества аварийных сценариев, моделируемых в ВАБ. Группирование ЭС рекомендуется производить по схожести:

ИС;

степени критичности реактора (состояния: подкритическое, критическое и надкритическое);

уровня остаточных тепловыделений;

температуры, давления и других параметров теплоносителя;

уровня теплоносителя в реакторе;

степени герметичности первого контура (уплотнен или разуплотнен);

местонахождения ядерного топлива;

способа отвода остаточных тепловыделений;

работоспособности систем, участвующих в выполнении моделируемых функций, включая обеспечивающие системы;

наличия или отсутствия автоматических блокировок на запуск систем;

конфигурации систем (все каналы системы в работе или в режиме ожидания, или часть каналов выведена в ремонт);

состояния системы защитных барьеров.

26. Учитывая принцип консервативности, при определении параметров ЭС РУ рекомендуется использовать следующие подходы:

мощность остаточных тепловыделений принимать для ЭС максимально возможной;

температуру и давление теплоносителя в режимах расхолаживания после останова РУ принимать равными значениям аналогичных параметров, которые соответствуют началу ЭС;

уровень теплоносителя в реакторе для ЭС, в которых он изменяется (снижается или поднимается), принимать равным минимальному значению для этого ЭС.

27. Если в одну группу включаются ЭС, отличающиеся друг от друга по одному или нескольким параметрам, указанным в пункте 25 настоящего Руководства по безопасности, то при выборе и группировании ИС, а также при моделировании аварийных последовательностей необходимо учитывать все особенности данной группы ЭС и для всей группы ЭС рекомендуется

использовать наиболее неблагоприятные (по влиянию на безопасность) параметры.

28. Длительность ЭС РУ рекомендуется определять на основе данных технологических регламентов и инструкций по эксплуатации РУ, регламентов ППР, планов-графиков ППР или расчетным путем, с учетом опыта эксплуатации РУ.

Для проектируемых РУ эти данные рекомендуется определять на основе информации из проектной документации и/или документов и опыта эксплуатации реакторов-аналогов. Для расчета длительности ЭС проектируемых РУ рекомендуется использовать усредненную оценку длительности ЭС реакторов-аналогов, исходя из истории их эксплуатации. При необходимости рекомендуется учитывать поправку, обусловленную различием в длительности плановых остановов проектируемой РУ и реакторов-аналогов.

29. Исходную информацию, используемую для оценки длительности ЭС РУ, рекомендуется представлять в составе материалов ВАБ.

30. Резервы времени, которыми располагает персонал для выполнения противоаварийных действий, рекомендуется рассчитывать с учетом мощности остаточных тепловыделений, которая будет иметь место на момент аварии, уровня теплоносителя в реакторе или бассейне выдержки и других факторов.

31. Исходную информацию, используемую для оценки резервов времени, имеющегося у персонала, рекомендуется представлять в составе материалов ВАБ.

32. В описание групп ЭС из окончательного списка рекомендуется включать всю информацию, необходимую для формирования исходных данных для теплогидравлических расчетов и определения границ между группами ЭС.

IV. Отбор и группирование инициирующих событий

33. В рамках данной задачи рекомендуется выполнять формирование перечня ИС, включая ИС, вызванные внутренними и внешними воздействиями, и их группирование для каждой группы ЭС.

34. Для формирования первоначального перечня ИС рекомендуется использовать:

перечень ИС для расчетного анализа проектных аварий на РУ, приведенный в требованиях к содержанию отчета по обоснованию безопасности исследовательских ядерных реакторов;

перечни ИС, разработанные в ВАБ для аналогичных РУ;

результаты инженерного анализа РУ (в том числе необходимые расчетные обоснования и другие типы анализов);

перечень ИС, использовавшихся при выполнении детерминистических анализов безопасности для анализируемой РУ и аналогичных РУ;

опыт эксплуатации анализируемой РУ и аналогичных РУ (для проектируемых РУ может использоваться опыт эксплуатации аналогичных РУ, при его наличии);

результаты анализа внешних и внутренних воздействий;

результаты анализа документов МАГАТЭ и других международных организаций, содержащих рекомендуемые перечни ИС.

35. При выполнении анализа ИС рекомендуется рассматривать ИС, вызванные:

отказами систем (элементов систем), в том числе обеспечивающих;

ошибками персонала;

потерей внешнего электроснабжения реактора и другими внешними воздействиями, характерными для района расположения РУ;

внутренними пожарами и затоплениями.

36. В первоначальный перечень ИС рекомендуется включать события, потенциально приводящие к аварийному выбросу на РУ. Отбор ИС, подлежащих анализу, рекомендуется производить в соответствии с разработанными и обоснованными критериями отбора.

37. Для стояночных режимов РУ рекомендуется рассматривать ИС, которые могут быть следствием ошибок при проведении регламентных проверок работоспособности оборудования и различных испытаний.

38. При выполнении анализа ИС рекомендуется выделять ИС, вызывающие зависимые повреждения или отказы систем, требуемых для предотвращения повреждения топлива и/или аварийного выброса.

39. Группирование ИС рекомендуется осуществлять путем обоснования схожести:

сценариев развития аварии и достигаемых конечных состояний;

требований к работе систем РУ и действиям персонала (критериев успеха).

40. Рекомендуется выполнять анализ возможности возникновения ИС в конкретных ЭС РУ и группах ЭС. Не рекомендуется исключать из рассмотрения группу ИС для конкретной группы ЭС, если возникновение даже одного события, входящего в группу ИС, возможно хотя бы в одном ЭС, входящем в группу ЭС.

41. Рекомендуется, чтобы критерии успеха моделируемых функций для группы ИС были не менее строгими (консервативными), чем критерии успеха моделируемых функций для каждого ИС, включенного в группу. Рекомендуется соблюдать баланс между минимизацией числа рассматриваемых групп ИС, с одной стороны, и предотвращением излишнего консерватизма, вносимого процедурой группирования, с другой стороны. Критерии успеха моделируемых функций ИС формулируются на основе детерминистических расчетов, основные результаты которых приводятся в составе материалов ВАБ. При этом в документации ВАБ рекомендуется привести прослеживаемые ссылки на материалы, содержащие детальные результаты этих расчетов.

42. При выявлении ИС, вызванных внутренними пожарами, рекомендуется рассматривать ИС, приводящие к полной потере контроля персоналом над управлением РУ, или обосновывать отсутствие возможности возникновения указанных событий. При выявлении указанных ИС рекомендуется учитывать состояние приборов и кабелей, ответственных за представление информации на ПУ, и определять перечень критических параметров (например, на основе опроса персонала РУ), сведения о которых необходимы для безопасной остановки РУ.

43. При отборе ИС, обусловленных внутренними затоплением, рекомендуется использовать следующие допущения:

при анализе рекомендуется не учитывать одновременное независимое возникновение различного рода инициирующих событий, таких как затопление и течь первого контура, затопление и пожар, затопление и обесточивание исследовательского ядерного реактора и так далее; также рекомендуется не рассматривать одновременное возникновение затоплений, обусловленное различными источниками затопления;

в качестве потенциальных причин возникновения затопления помещений рекомендуется рассматривать:

ошибочные действия персонала;

разрывы/течи трубопроводов;

течи емкостей;

отказы систем (элементов), приводящие к затоплению помещений.

в рамках отбора ИС из-за затоплений рекомендуется учитывать ИС, обусловленные эффектами запаривания и забрызгивания.

44. При формировании перечня ИС, вызванных внутренними пожарами (затоплениями), рекомендуется учитывать ИС, обусловленные зависимыми отказами систем (элементов) из-за отказов их схем управления.

45. Для формирования перечня внешних воздействий рекомендуется разрабатывать качественные и количественные критерии отбора с целью исключения из анализа внешних воздействий, не оказывающих значимого влияния на вероятность суммарного аварийного выброса.

46. Возможность совместного воздействия на РУ нескольких внешних воздействий рекомендуется определять на основании анализа сочетаний комбинаций внешних воздействий.

47. Формирование перечня внешних воздействий рекомендуется проводить путем последовательной проверки соответствия/несоответствия всех внешних воздействий и их сочетаний из предварительного перечня сначала качественным критериям исключения, затем количественным критериям исключения.

48. Рекомендуется приводить обоснование исключения внешних воздействий и их сочетаний и/или приводить точные ссылки на разделы из документов, подтверждающих

обоснованность исключения внешнего воздействия из дальнейшего рассмотрения.

49. Рекомендуется:

оценивать вероятность (частоту) внешнего воздействия;

при необходимости определять зависимость вероятности (частоты) внешнего воздействия от параметров внешнего воздействия (например, скорость ветра, уровень воды).

Полученные результаты используются для исключения внешних воздействий на основе количественных критериев исключения, а также при выполнении отборочного и детального анализа. Необходимость разработки указанных зависимостей устанавливается в процессе формирования окончательного перечня внешних воздействий, при выполнении отборочного и детального анализа.

50. Результатом решения задачи по формированию перечня внешних воздействий являются:

предварительный перечень внешних воздействий;

перечень внешних воздействий, исключенных из дальнейшего анализа на основании проверки соответствия принятым критериям исключения, включая подробную информацию о результатах отбора:

примененный критерий исключения (качественный или количественный);

обоснование причин исключения внешних воздействий из дальнейшего рассмотрения;

матрица сочетаний внешних воздействий;

окончательный перечень внешних воздействий.

V. Анализ надежности систем

51. В рамках данной задачи рекомендуется выполнять разработку логико-вероятностных моделей систем для всех моделируемых функций, в которых задействована анализируемая система и количественная оценка надежности систем.

52. Рекомендуется проводить анализ всех систем, которые могут влиять на развитие запроектной аварии, на возможность удержания радиоактивного вещества в зоне локализации аварии и аварийный выброс.

53. При анализе надежности систем рекомендуется использовать следующую последовательность действий:

описать и представить в отчете по ВАБ:

систему (назначение, технологическую или структурную схему, функционирование при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, контроль при эксплуатации, порядок технического обслуживания и ремонта, действия оператора по управлению системой);

функции безопасности, выполняемые системой, и критерии успеха при выполнении данных функций;

допущения, использованные при разработке логико-вероятностной модели системы, включая границы системы и ее элементов, исходное состояние системы, упрощенную схему системы (при необходимости), перечень исключенного из рассмотрения оборудования;

способ разработки логико-вероятностной модели;

элементы логико-вероятностной модели, включая их наименование и идентификаторы, состояние в режимах ожидания и работы, место размещения, рассматриваемые типы отказов, последствия отказов и их влияние на надежность всей системы, продолжительность работы при аварии, периодичность опробований, состояние при контроле, события, связанные с неготовностью из-за вывода в ремонт, постулируемые события;

базисные события модели, соответствующие действиям (ошибкам) персонала, включая доаварийные и послеаварийные действия (ошибки);

выполнить:

анализ зависимостей системы от других систем;

анализ отказов общего вида;

разработку графических моделей системы (деревья отказов или графы другого вида);

расчеты показателей надежности системы для всех моделируемых функций;

результаты данных расчетов рекомендуется предоставлять в отчетной документации в главе по анализу надежности системы.

54. При разработке логико-вероятностных моделей надежности систем рекомендуется учитывать особенности всех ЭС РУ, ИС и аварийных последовательностей.

55. Критерии успеха выполнения моделируемой функции (функций), используемые при анализе надежности систем, рекомендуется согласовывать с критериями успеха моделируемых функций и требованиями к учету явных зависимостей, определенными в рамках задачи «Моделирование аварийных последовательностей».

56. Границы элементов систем рекомендуется определять таким образом, чтобы при построении модели был обеспечен учет всех видов отказов, которые могут повлиять на способность систем выполнять свои функции, определенные в рамках ВАБ. При этом границы и виды отказов элементов систем, используемые в задачах «Анализ надежности систем» и «Анализ данных», рекомендуется выбирать в строгом соответствии друг с другом.

57. При построении логико-вероятностных моделей систем рекомендуется рассматривать и анализировать все возможные виды отказов, связанные с изменением состояния элементов систем при переходе РУ из режима нормальной эксплуатации в аварийный режим.

58. Границы анализируемых систем и уровень детализации моделей систем рекомендуется согласовывать с рекомендациями к моделируемым функциям, установленными в рамках задачи «Моделирование аварийных последовательностей».

59. Построение моделей систем рекомендуется производить с учетом влияния неработоспособности (неготовности) элементов систем из-за ремонта или тестирования на способность систем выполнять функции безопасности при аварии. Для этого рекомендуется использовать информацию по проверкам работоспособности, техническому обслуживанию и ремонту оборудования систем. При построении моделей рекомендуется учитывать только разрешенные технологическим регламентом комбинации выводимого в ремонт оборудования систем. Полученные результаты необходимо учитывать при решении задачи «Анализ данных».

60. Рекомендуется выявлять возможные ошибки персонала, которые могут привести к отказу систем во время аварии, произошедшей по причине неправильных действий персонала при выполнении регламентных проверок, технического обслуживания или ремонта или при вводе в эксплуатацию оборудования систем после этих работ. Детальный анализ надежности персонала выполняется в рамках отдельной задачи ВАБ.

61. Рекомендуется анализировать реакцию систем на каждое из рассматриваемых ИС. Рекомендуется учитывать зависимости успешного выполнения моделируемых функций системы от ИС и конкретных аварийных последовательностей, в том числе зависимости, вызванные наличием общих элементов различных систем или наличием общих обеспечивающих систем.

62. Рекомендуется выявлять зависимости (взаимное влияние) между системами и/или каналами систем, а также учитывать возможность возникновения отказов общего вида.

63. Анализ видов и последствий отказов рекомендуется выполнять для всех элементов систем, включая элементы, отказы которых могут вызвать ИС. Результаты анализа рекомендуется документировать и учитывать при выборе ИС.

64. В случае использования в моделях систем упрощений, заменяющих несколько базисных событий и логические связи между ними одним событием, рекомендуется выполнять анализ, подтверждающий отсутствие потери явных и неявных зависимостей.

65. Для учета пожарных воздействий на системы и затоплений рекомендуется идентифицировать кабели питания и управления системами (элементами) и определять схемы управления системами (элементами).

66. При учете пожарных воздействий на системы рекомендуется учитывать отказы систем (элементов), которые могут происходить из-за воздействия воды, поступающей во время пожаротушения.

67. Рекомендуется рассматривать следующие виды отказов кабелей при пожаре:

размыкание контура – отказ, который вызывает потерю электрической целостности проводника (жилы);

КЗ на землю – отказ, который приводит к тому, что жилы кабеля приходят в соприкосновение с заземленным элементом (например с кабельным лотком);

КЗ – отказ, при котором обесточенный проводник контактирует с проводником, находящимся под напряжением, при этом ранее обесточенный проводник попадает под напряжение.

68. Рекомендуется рассматривать два типа КЗ:

внутрикабельное КЗ, при котором происходит замыкание проводника с проводником в пределах многожильного кабеля;

межкабельное КЗ, при котором обесточенный кабель контактирует с другим кабелем, находящимся под напряжением.

69. При определении типа отказов систем (элементов) при пожаре, включая кабели систем управления и силовые кабели, рекомендуется использовать принцип, в соответствии с которым (с учетом сценария развития аварии из-за пожара) рассматриваются отказы, приводящие к наихудшим последствиям.

70. При учете воздействия затопления на систему рекомендуется рассматривать возможность повреждения и отказов кабелей.

71. Рекомендуется постулировать отказ систем (элементов), расположенных в помещении, где происходит затопление при достижении уровня воды в помещении следующей высотной отметки:

для насосов и вентиляторов – нижней образующей электродвигателя насоса или коммутационной коробки;

для электроприводной арматуры – нижней образующей электродвигателя привода или коммутационной коробки;

для электрических панелей и силовых выключателей – уровня воды высотной отметки расположения открытых электрических соединений (клемм, шин).

72. Рекомендуется постулировать отказ неквалифицированного на работу в соответствующих условиях электрооборудования из-за запаривания, происходящего в любом помещении зоны затопления, и из-за забрызгивания, происходящего в помещении зоны затопления, где затопление инициировалось.

VI. Анализ данных

73. В рамках данной задачи выполняется определение вероятностей (частот) групп ИС (для всех ЭС) и оценка показателей надежности элементов с помощью статистических методов, с использованием данных по отказам элементов и нарушениям в работе исследовательского ядерного реактора, известных из опыта эксплуатации РУ, а также обобщенных данных и иных методов.

Результатами решения данной задачи ВАБ являются количественные показатели надежности элементов систем и вероятностей (частот) ИС, используемые при проведении вероятностных расчетов надежности систем РУ, вероятности реализации аварийных последовательностей и вероятностных показателей безопасности РУ.

74. Для оценки количественных показателей надежности и вероятности (частоты) ИС рекомендуется применять данные, специфические для исследуемой РУ и реакторов-аналогов, а также

обобщенные данные[2]. Не рекомендуется использование только обобщенных данных при выполнении ВАБ действующих РУ.

75. При использовании обобщенных данных рекомендуется приводить ссылки на использованные источники информации. Выбор обобщенных данных рекомендуется обосновывать с точки зрения их применимости для конкретной РУ, выбранных границ элементов систем и видов отказов, моделируемых в ВАБ. В случае использования нескольких источников обобщенных данных рекомендуется описывать и обосновывать подход, принятый для выбора информации из этих источников.

76. Рекомендуется оценивать следующие показатели надежности элементов систем:

вероятность отказа на требование и/или интенсивность отказов в режиме ожидания;

интенсивность отказов при работе;

коэффициент неготовности (среднее время восстановления), обусловленный плановым или неплановым техническим обслуживанием или ремонтом, проверками работоспособности;

вероятность отказа общего вида или параметры модели отказов общего вида.

77. Рекомендуется выбирать в строгом соответствии друг с другом границы и виды отказов элементов систем, определенные в задаче «Анализ надежности систем», с целью обеспечения их соответствия данным из доступных источников информации, используемым для оценки показателей надежности.

78. Рекомендуется определять и обосновывать критерии классификации отказов по видам (отказ на запуск, отказ при работе, отказ на требование).

79. При выполнении ВАБ рекомендуется собирать данные по надежности оборудования с учетом специфики ЭС РУ. К таким данным могут относиться увеличенное время вывода в ремонт, которое не связано непосредственно с восстановлением оборудования, дополнительный вывод оборудования из режима оперативной готовности для проведения технического

[2] Источником обобщенных данных могут служить данные МАГАТЭ и других международных организаций.

освидетельствования, уменьшение наработки оборудования, отключение защит и блокировок и другие данные.

80. При выполнении ВАБ оценку вероятности (частоты) ИС рекомендуется выполнять с учетом длительности отдельных групп ЭС и количества операций, потенциально приводящих к ИС в каждой группе ЭС. Если вероятность возникновения ИС является функцией времени, то вероятность (частота) ИС пропорциональна длительности ЭС. Если ИС вызвано отказами оборудования/ошибками оператора при выполнении регламентных технологических операций, проверок и испытаний, то вероятность (частота) ИС пропорциональна числу операций. Кроме того, рекомендуется учитывать частоту всех видов остановов РУ (для ЭС, характерных для определенного останова), в которых возникают рассматриваемые ИС.

81. Для обеспечения аддитивности вклада от различных ЭС при определении суммарной вероятности аварийного выброса на РУ рекомендуется выполнять оценку частоты ИС в размерности «1/календарный год».

82. Рекомендуется, чтобы используемая для оценки вероятности (частоты) ИС статистическая информация о нарушениях в работе РУ включала:

сведения о событиях, произошедших в периоды рассматриваемых ЭС РУ;

данные о нарушениях в работе РУ, вызванных ошибками персонала.

Для оценки частот ИС, вызванных ошибками персонала, которые были выявлены на основе инженерного анализа проекта (не проявились за время эксплуатации РУ), могут использоваться методы анализа надежности персонала.

83. При оценке вероятности (частоты) групп ИС в ВАБ рекомендуется учитывать специфику ЭС, а именно:

изменения конфигурации РУ и его систем;

изменения параметров РУ (например давление, температура);

специфические работы персонала по обслуживанию, ремонту и проверкам.

84. Вероятность (частоту) пожара рекомендуется оценивать на основе статистических данных о пожарах на исследуемой РУ и

аналогичных реакторах с использованием методов байесовского оценивания.

85. Вероятность (частоту) пожара рекомендуется определять как количество пожаров в течение года. Вероятность (частота) пожара равна сумме вероятностей (частот) пожаров в пожарных зонах.

86. Для оценки вероятности (частоты) возникновения пожаров в пожарных зонах могут быть использованы следующие подходы:

компонентно-ориентированный подход может использоваться в качестве основного подхода для определения частоты пожара в пожарной зоне; он заключается в том, что вероятности (частоты) пожаров оцениваются для каждого типа компонента (например, электродвигатели, трансформаторы, кабели и т.д.) пожарной зоны, рассматриваемого как потенциальный источник возгорания;

зонально-ориентированный подход, заключающийся в оценке вероятности (частоты) пожара в зависимости от площади, занимаемой источником возгорания, может использоваться для ПУ, помещений КИП из-за специфического содержимого данных помещений или природы источников возгорания; при вычислении вероятности (частоты) пожара, обусловленного переносимыми горючими веществами, сваркой, резкой металла, самовозгоранием при высокой температуре.

87. Полную вероятность (частоту) пожара для пожарной зоны рекомендуется определять как сумму составляющих вероятностей (частот) от всех источников возгорания (включая вклад от переносимых горючих материалов, сварки, резки), расположенных в пожарной зоне.

88. Вероятности (частоты) затоплений рекомендуется оценивать на основе статистических данных о затоплениях на исследуемой РУ и аналогичных реакторах с использованием методов байесовского оценивания.

89. Вероятность (частоту) затоплений рекомендуется определять как количество затоплений, приведенных к году, и впоследствии распределять между зонами затопления, используя различные критерии.

90. Для оценки вероятности (частоты) возникновения затоплений в зонах затоплений может быть использован комбинированный зонально-компонентный подход, который основывается на оценке вероятности (частоты) затопления, с использованием статистических данных о числе затоплений для каждого типа компонента зоны затопления, рассматриваемого как потенциальный источник затопления.

Компонентно-ориентированный подход основывается на оценке частоты затопления с использованием статистических данных о числе затоплений для каждого типа компонента зоны затопления, рассматриваемого как потенциальный источник затопления.

Зонально-ориентированный анализ основывается на оценке частоты затопления с использованием статистических данных о числе затоплений в пределах конкретной зоны затопления и полного времени наблюдения.

91. Полную вероятность (частоту) затопления для зоны затопления рекомендуется определять как сумму составляющих вероятностей (частот) от всех источников затопления, расположенных в зоне затопления.

92. Для оценки вероятности (частоты) внешних воздействий рекомендуется использовать статистические данные о внешних воздействиях.

93. Вероятность (частоту) внешнего воздействия рекомендуется определять как количество внешних воздействий данного типа, приведенных к году.

94. Для оценки частот ИС при внешнем воздействии рекомендуется определять зависимости вероятности (частоты) возникновения внешнего воздействия и вероятности отказа системы (элемента) от величины его интенсивности.

95. Оценку неготовности элементов систем из-за проверок работоспособности рекомендуется выполнять для всех элементов систем, моделируемых в ВАБ, которые при проверках работоспособности находятся в состоянии, не позволяющем выполнять требуемую моделируемую функцию.

96. Подходы, используемые при оценке вероятности отказов общего вида элементов систем, рекомендуется обосновывать.

97.В документации ВАБ рекомендуется представлять процедуры обработки исходной информации, допущения, принятые при анализе данных, а также рассчитанные показатели надежности элементов систем и вероятности (частоты) ИС (для каждой группы ЭС) с соответствующими характеристиками неопределенности.

VII. Анализ надежности персонала

98. В рамках данной задачи проводится анализ единичных и/или множественных действий персонала при управлении аварией, при проведении проверок работоспособности и технического обслуживания оборудования исследовательского ядерного реактора и определяются вероятности невыполнения или неправильного выполнения этих действий.

99. Результаты анализа надежности персонала используются при определении вероятностных показателей надежности систем РУ, при определении частот некоторых инициирующих событий, а также при выполнении расчетов вероятностей реализации аварийных последовательностей и определении вероятностных показатели безопасности РУ.

100.В рамках анализа надежности персонала рекомендуется выполнять следующие задачи:

определение номенклатуры действий персонала, выполняемых при эксплуатации РУ;

выбор метода анализа надежности персонала;

определение действий (ошибок) персонала, моделируемых в ВАБ;

принятие допущений и ограничений для каждого вида действий (ошибок) персонала и их обоснование;

отборочный анализ надежности персонала (при необходимости);

детальный анализ надежности персонала;

анализ зависимостей между несколькими действиями персонала;

документирование результатов анализа надежности персонала.

101. Информация, рекомендуемая для выполнения анализа надежности персонала, может быть получена из следующих источников:

эксплуатационные инструкции (инструкции по эксплуатации РУ, регламенты, инструкции по техническому обслуживанию и ремонту и другие инструкции);

теплогидравлические и иные инженерные расчеты, обосновывающие запас времени, необходимый персоналу для выполнения действий;

результаты тренировок, интервью и опросы оперативного персонала РУ.

102. При выполнении анализа надежности персонала рекомендуется рассматривать максимально полный перечень действий (ошибок) персонала:

действия (ошибки) персонала, вызывающие ИС;

доаварийные действия (ошибки) персонала (действия, совершаемые до наступления ИС, которые могут привести к отказам систем РУ);

послеаварийные действия (ошибки) персонала (действия, выполняемые персоналом после наступления ИС).

103. Рекомендуется выявлять ошибки персонала при проверках работоспособности, техническом обслуживании и ремонте оборудования, вследствие которых элементы систем могут оказаться в состоянии неготовности на момент возникновения ИС.

104. При выполнении анализа надежности персонала рекомендуется определять и оценивать следующие типы действий персонала:

действия, основанные на навыках;

действия, основанные на правилах;

действия, основанные на знаниях.

105. Рекомендуется учитывать влияние специфики условий эксплуатации РУ на послеаварийные действия для различных ЭС и инициирующих событий.

106. Для оценки вероятностей значимых ошибок персонала рекомендуется использовать методы детального анализа.

107. С целью сокращения объема детального анализа ошибок персонала и выполнения детального моделирования

только для наиболее важных с точки зрения безопасности действий (ошибок) персонала рекомендуется предварительно проводить отборочный анализ.

108. В рамках отборочного анализа рекомендуется:

назначать консервативные значения вероятностей для действий (ошибок) персонала, включенных в исходную модель ВАБ, с целью предотвращения исключения значимых ошибок персонала из детального анализа;

выполнять количественный анализ логико-вероятностной модели ВАБ с использованием отборочных величин вероятности ошибки персонала (предварительный расчет).

109. В рамках детального анализа надежности персонала рекомендуется выполнять следующие задачи:

отбор действий (ошибок) персонала, требующих детального анализа;

сбор информации, необходимой для детального анализа;

разработка вероятностных моделей для выполнения детального анализа действий (ошибок) персонала;

определение времени выполнения действий персонала и предельных интервалов времени для выполнения этих действий;

оценка вероятности ошибки персонала;

уточнение вероятности ошибки персонала в базе данных ВАБ.

110. Анализ зависимостей ошибок персонала рекомендуется проводить на основе анализа минимальных сечений, полученных при оценке суммарной вероятности аварийных выбросов.

111. Анализ зависимостей между несколькими (двумя и более) ошибками персонала рекомендуется выполнять с учетом следующих факторов:

связь по принятию решения;

резерв времени, имеющийся в распоряжении персонала на выполнение последующего действия при выполнении и/или невыполнении предыдущего;

взаимосвязь между действиями персонала;

факторы, влияющие на поведение персонала.

112. При оценке неопределенности вероятностей ошибок персонала значение «фактора ошибки», используемого для

определения вероятности ошибки персонала, рекомендуется обосновывать.

113. При выполнении анализа надежности персонала при внутренних пожарах рекомендуется учитывать дополнительные факторы, влияющие на осуществление персоналом необходимых действий во время пожара:

повышенный стресс;

сокращение времени на выполнение действия;

невозможность выполнения действия по месту из-за наличия огня, повышения температуры окружающей среды;

снижение информационного обеспечения на ПУ;

задымление.

114. Вероятность невыполнения необходимых действий персоналом в пожарной зоне, характеризующейся наличием огня/горячих газов, рекомендуется консервативно принимать равной 1,0.

115. Оценку вероятностей ошибок персонала при внутренних пожарах рекомендуется проводить в несколько этапов. На первом этапе рекомендуется постулировать, что в анализируемой пожарной зоне находятся кабели систем контроля и управления, повреждение которых ухудшает информационное обеспечение персонала. При данном условии и с учетом факторов влияния в условиях пожара проводится переоценка вероятностей ошибок персонала. На втором этапе анализа для снижения консерватизма проводится дополнительная переоценка с учетом реального нахождения кабелей систем контроля и управления в пожарной зоне.

116. При выполнении анализа надежности персонала рекомендуется учитывать дополнительные факторы, обусловленные внешними воздействиями и влияющие на вероятность выполнения персоналом действий по управлению аварией. Рекомендуется учитывать следующие факторы:

повышенный стресс;

уменьшение времени на выполнение действия;

невозможность выполнения действия по месту из-за возникновения условий, препятствующих выполнению действия

снижение информационного обеспечения на ПУ.

117. В разделе ВАБ по анализу надежности персонала рекомендуется приводить:

описание методов, используемых при анализе надежности персонала, и обоснование их применимости;

допущения и ограничения с обоснованием;

ссылки на использованные источники информации и их перечень;

перечень возможных ошибок при выполнении действий персонала;

описание ошибок, которое включает наименование планового действия, описание действия и возможной ошибки при его выполнении, описание последствий совершения ошибки;

результаты количественной оценки вероятностей ошибок персонала и описание каждого этапа анализа.

VIII. Анализ зависимостей

118. Анализ зависимостей выполняется с целью учета явных и неявных зависимостей, выявленных на этапе выполнения отдельных задач ВАБ.

119. Рекомендуется выявлять ИС, которые могут приводить к зависимому повреждению или отказу систем, требуемых для предотвращения аварийного выброса. При выявлении таких ИС рекомендуется вносить соответствующие уточнения в аварийные последовательности, вызванные этими ИС.

120. Рекомендуется обеспечивать полноту и непротиворечивость моделирования зависимостей, выявленных при выполнении задач «Анализ надежности систем», «Моделирование аварийных последовательностей», «Анализ данных» и «Анализ надежности персонала» (например взаимного влияния отказов элементов систем, прямых функциональных зависимостей, зависимостей между действиями персонала).

121. Анализ неявных зависимостей рекомендуется проводить на основании опыта эксплуатации РУ и подобных реакторов, с учетом эксплуатационных, проектных и конструкторских особенностей РУ, а также с использованием опыта выполнения ВАБ для других ОИАЭ. При этом

рекомендуется выполнять оценку применимости неявных зависимостей, актуальных для других РУ, к исследуемой РУ.

122. Рекомендуется выполнять анализ зависимых отказов элементов систем, вызванных причинами, явно не моделируемыми в ВАБ (отказами общего вида), такими, как общность конструкции и изготовления, монтажа, калибровки, условий обслуживания и эксплуатации. В процессе анализа рекомендуется разрабатывать перечень групп элементов, подверженных отказам общего вида, и обосновывать принятые критерии объединения этих элементов в группы. Количественную оценку показателей надежности для групп элементов, подверженных отказам общего вида, рекомендуется выполнять в соответствии с рекомендациями главы «Анализ данных».

123. В отчетной документации рекомендуется представлять результаты анализа зависимостей.

IX. Анализ аварий

124. Назначением данной задачи является получение возможно более полной информации о развитии запроектной аварии, в частности, информации о событиях запроектной аварии, характере изменения теплофизических параметров в РУ и герметичных помещениях, количестве и составе радиоактивного вещества, вышедшего в окружающую среду. Результаты, полученные при решении данной задачи, используются в задачах ВАБ, информация о которых представлена в главах X, XII и XIII настоящего Руководства по безопасности.

125. Исследования запроектной аварии рекомендуется выполнять с использованием программных средств, комплексно описывающих развитие различных процессов (от ИС до аварийного выброса) и событий запроектной аварии.

126. Допускается использовать различные программные средства, моделирующие отдельные физические процессы (например, теплогидравлические процессы в РУ, теплогидравлические процессы в герметичных помещениях, перенос радиоактивных веществ в контуре и т. д.). При этом рекомендуется приводить обоснование корректности использования результатов расчетов, полученных с помощью одного программного средства, в качестве входных данных для другого программного средства.

127. При учете сценариев с нарушением герметичности зоны локализации аварий размер и место повреждения герметичного ограждения рекомендуется обосновывать.

128. Расчетный анализ запроектной аварии рекомендуется выполнять для каждой из фаз запроектной аварии при постулируемом размере и месте повреждения гермстичного ограждения. Принятые для расчетов исходные данные обосновываются. При выполнении расчетных анализов учитывается проектная неплотность герметичных помещений и определяется количество радиоактивного вещества, вышедшего в окружающую среду через проектную неплотность.

129. Результаты расчетов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках разрабатываемого ВАБ, или результаты расчетов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках других исследований и использованных для целей данного ВАБ с обоснованием их применимости, рекомендуется представлять в документации по ВАБ.

130. Рекомендуется использовать для расчетов параметров протекания аварий в РУ и герметичных помещениях программные средства, которые позволяют моделировать:

оборудование, материалы, системы, помещения, влияющие на протекание запроектной аварии;

тепловыделения (в том числе остаточные тепловыделения) в ядерном топливе, включая неравномерность тепловыделений;

процессы разрушения активной зоны (например, оголение, плавление, перемещение) и смежных конструкций РУ (например, плавление, перемещение) в процессе протекания запроектной аварии;

экзотермические реакции взаимодействия материалов активной зоны с водяным паром, сопровождающиеся выделением водорода;

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

разогрев и разрушение корпуса РУ;

выход разрушенных компонентов активной зоны и смежных конструкций в помещения или конструкции под днищем реактора и их взаимодействие с материалами пола помещения (например,

эрозия, образование водорода, окиси углерода, выход радиоактивных аэрозолей);

неконденсированные газы в первом контуре и герметичных помещениях;

процессы образования и горения водорода и окиси углерода.

131. Рекомендуется использовать для оценки выхода радиоактивного вещества в окружающую среду программные средства, которые позволяют моделировать:

выход радиоактивного вещества из топливных элементов;

распространение радиоактивного вещества в первом контуре, включая процессы конденсации, осаждения, агломерации;

распространение радиоактивного вещества за пределы первого контура, образование радиоактивного вещества в результате процессов взаимодействия разрушенных компонентов активной зоны с конструкциями герметичных помещений;

перенос и осаждение радиоактивного вещества внутри герметичных помещений и за их пределами (процессы гравитационного осаждения, термофореза, диффузиофореза, агломерации аэрозолей и осаждения их на горизонтальных и вертикальных поверхностях);

выход радиоактивного вещества в окружающую среду.

132. Изотопный состав активной зоны РУ рекомендуется принимать для наиболее неблагоприятных режимов и периода эксплуатации исходя из максимальной активности радиоактивного вещества. Состав радиоактивного вещества, рассматриваемого в ВАБ, рекомендуется обосновывать.

X. Оценка нагрузок на герметичное ограждение

133. В рамках данной задачи определяются возможные события запроектной аварии, нагрузки на герметичные помещения, обусловленные этими событиями и оцениваются вероятности нарушения целостности герметичных помещений РУ и экспериментальных установок на данной РУ.

134. При выполнении ВАБ рекомендуется рассматривать нагрузки на герметичное ограждение при следующих событиях запроектной аварии:

горение водорода (все виды) и окиси углерода в герметичных помещениях;

повышение давления (включая квазистатическое) в пределах герметичных помещений, обусловленное различными физическими процессами в них;

ударные воздействия вследствие разрушения элементов конструкций в герметичных помещениях;

проплавление пола герметичных помещений;

паровой взрыв.

135. Не рекомендуется учитывать события запроектной аварии, обусловленные нагрузками на герметичное ограждение, при анализе аварийных последовательностей ВАБ, если представлены обоснования, что нагрузки на герметичные помещения не превышают проектных величин.

136. При выявлении других событий запроектной аварии, не входящих в вышеуказанный перечень, рекомендуется рассматривать нагрузки на герметичное ограждение и при этих событиях.

137. Временной интервал, на котором рассматривается запроектная авария, рекомендуется разбивать на временные диапазоны (фазы запроектной аварии), например:

ранняя – промежуток времени с начала инициирующего события до момента окончания выхода разрушенных компонентов активной зоны в помещения герметичного ограждения после разрушения РУ;

основная – промежуток времени от момента окончания ранней фазы до момента проплавления пола герметичных помещений или нарушения целостности герметичных помещений;

заключительная – от момента проплавления пола герметичных помещений и выхода расплава на/за границы зоны локализации аварии до момента прекращения увеличения массы радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду; при отсутствии проплавления пола герметичных помещений заключительная фаза не рассматривается, а промежуток времени рассматривается до момента прекращения выхода радиоактивных веществ в окружающую среду; критерии прекращения выхода радиоактивных веществ в окружающую среду обосновываются при разработке ВАБ.

Выбор фаз запроектной аварии обосновывается.

138. Длительность, количество и временные границы фаз запроектной аварии могут быть уточнены при наличии соответствующего обоснования, представляемого в отчетной документации по ВАБ.

139. Для каждой фазы запроектной аварии (на момент времени, характеризующийся формированием наибольших нагрузок на герметичное ограждение) для каждого состояния РУ с повреждением источников радиоактивности рекомендуется выполнить оценки нагрузок на герметичные помещения, обусловленных событиями запроектной аварии, перечисленными в пункте 134 настоящего Руководства по безопасности, и оценки вероятности нарушения целостности герметичных помещений.

140. Параметры нагрузок на герметичные помещения, обусловленных реализацией событий запроектной аварии, рекомендуется определять на основе специального анализа, включающего разработку расчетных моделей, использование результатов экспериментов и ранее полученных результатов для аналогичных РУ. Использование результатов, полученных для других РУ аналогичных типов, рекомендуется обосновывать. В составе документации по ВАБ представляются 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 анализируемой РУ).

141. Исходными данными для выполнения оценок нагрузок на герметичные помещения, обусловленных событиями запроектной аварии, являются результаты анализа запроектной аварии.

XI. Моделирование аварийных последовательностей

142. Назначением данной задачи является разработка логико-вероятностных моделей аварийных последовательностей, отображающих процессы развития запроектной аварии от ИС в РУ, в пределах герметичных помещений и/или прилегающих к ним негерметичных помещений РУ и до выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. При этом определяются пути протекания аварий, требования к срабатыванию различных систем

и к выполнению действий персонала, критерии успеха моделируемых функций систем и действий персонала, событий запроектных аварий.

143. Модели аварийных последовательностей рекомендуется разрабатывать для всех отобранных групп ИС и для каждой группы ЭС.

144. При разработке аварийных последовательностей ВАБ рекомендуется использовать следующие данные:

результаты детерминистических анализов;

опыт, накопленный при выполнении ВАБ для других РУ;

особенности проекта РУ;

результаты анализа запроектной аварии, оценки нагрузок на герметичные помещения и оценки вероятностей нарушения герметичности герметичных помещений.

145. Для разработки аварийных последовательностей ВАБ рекомендуется использовать специальные программные средства, позволяющие учитывать взаимосвязь функциональных событий запроектной аварии с помощью булевой алгебры.

146.Модели аварийных последовательностей ВАБ рекомендуется строить путем включения в модель следующих функциональных событий ВАБ:

ИС;

срабатываний систем и действий персонала;

событий запроектных аварий;

конечных состояний запроектных аварий.

147. Рекомендуется определять и описывать виды конечных состояний аварийных последовательностей (безопасные и небезопасные). Безопасными являются конечные состояния без повреждения топлива. Небезопасными состояниями являются конечные состояния с повреждением топлива. Рекомендуется разбиение небезопасных конечных состояний в соответствии с определенными категориями аварийного выброса.

148. Присваивание уникальных идентификаторов категорий аварийного выброса небезопасным конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ рекомендуется осуществлять на основе признаков категорий аварийных выбросов. Определение категорий аварийного выброса и их

характеристик рекомендуется выполнять при решении задачи ВАБ «Построение распределения аварийных выбросов».

149. Интервал времени при моделировании аварийных последовательностей рекомендуется принимать равным не менее 24 ч с момента возникновения ИС. Указанный интервал времени рекомендуется расширять в случае, если за его пределами возможно достижение небезопасного конечного состояния аварийных последовательностей по следующим причинам:

исчерпание запасов охлаждающей среды, топлива, масла, сжатых газов при невозможности возобновить эти запасы;

устойчивое развитие неблагоприятных физических процессов, приводящих к небезопасным конечным состояниям аварийных последовательностей.

150. При обосновании выбранного периода времени моделирования аварийных последовательностей рекомендуется исходить из того, что постепенное увеличение указанного периода не должно приводить к скачкообразному увеличению величины вероятности повреждения твэлов. При этом интервал моделирования должен превышать время восстановления отказавшего оборудования систем (каналов) в условиях функционирования других систем (каналов), обеспечивающих безопасность РУ относительно рассматриваемой функции.

151. При построении моделей аварийных последовательностей рекомендуется располагать функции с учетом причинно-следственных связей и хронологического порядка.

152. При построении моделей аварийных последовательностей рекомендуется учитывать влияние одних моделируемых событий на другие, например воздействие на работоспособность оборудования систем истекающих струй, биений трубопроводов, летящих предметов, ударных волн, вторичных пожаров, воздействий температурных деформаций в конструкционных материалах и других факторов. При этом рекомендуется учитывать зависимость режима работы систем и зависимость событий запроектных аварий от характера аварийного процесса, от возможности работы одних систем при отказе других, от событий запроектных аварий. Детальное

описание реализации зависимостей приводится в составе отчетных материалов по ВАБ.

153. Логику построения моделей аварийных последовательностей, включая характер развития аварий, достижение конечных состояний аварийных последовательностей, критерии успеха моделируемых функций и резервы времени для действий персонала, рекомендуется обосновывать детерминистическими анализами.

154. Графическое изображение аварийных последовательностей ВАБ для всех групп ИС с результатами оценок вероятностей реализации конечных состояний представляется в составе отчетных материалов по ВАБ. Перечень значимых минимальных сечений для всех небезопасных конечных состояний представляется в отчетной документации ВАБ.

XII. Построение распределения аварийных выбросов

155. В рамках данной задачи проводится построение распределения аварийных выбросов. Данное распределение используется при решении задач из глав XIII и XV настоящего Руководства по безопасности.

156. Построение распределения аварийных выбросов рекомендуется выполнять в несколько этапов:

определение признаков категорий аварийных выбросов;

присвоение конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ уникальных идентификаторов категорий аварийных выбросов;

оценка вероятностей категорий аварийных выбросов.

157. Категории аварийных выбросов рекомендуется определять на основе результатов исследований запроектной аварии (идентичности количества и состава радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду), описанных в главе IX и полученных с помощью программных средств, указанных в пунктах 125, 126 настоящего Руководства по безопасности.

158. Каждая из категорий аварийных выбросов характеризуется относительной массой аварийного выброса (относительная масса аварийного выброса является основным признаком категории аварийного выброса) и признаками категорий аварийных выбросов, которые рекомендуется определять в два этапа.

159. На первом этапе устанавливается соответствие между уникальным идентификатором категории аварийного выброса и одним из выбранных диапазонов аварийного выброса (относительная масса аварийного выброса в окружающую среду для каждого из радиоактивных веществ разбивается на диапазоны, нормированные на начальную массу продуктов деления в активной зоне; например, в качестве характерных радиоактивных веществ могут рассматриваться изотопы цезия и/или йода).

160. На втором этапе определяются другие признаки категории аварийного выброса путем установления соответствия признака категории аварийного выброса, определенного на первом этапе, результатам оценок относительных масс радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду (для всех расчетных анализов запроектной аварии, указанных в пункте 125 настоящего Руководства по безопасности).

Могут быть использованы следующие признаки категорий аварийного выброса:

категории групп инициирующих событий или группы инициирующих событий:

открытие и незакрытие паросбросных устройств;

инициирующие события с отказом на закрытие системы изолирующей арматуры герметичных помещений;

течи за пределы герметичных помещений;

все другие инициирующие события;

состояние изолирующей арматуры герметичных помещений:

закрыта (герметичные помещения изолированы);

открыта (герметичные помещения не изолированы);

степень герметичности герметичных помещений:

герметичны;

негерметичны;

момент времени нарушения герметичности герметичных помещений:

ранняя фаза запроектной аварии;

основная фаза запроектной аварии;

заключительная фаза запроектной 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 реактора:

работоспособны;

не работоспособны;

работоспособность спринклерно-охладительной системы:

работоспособна;

не работоспособна;

момент времени начала выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду:

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

выбросы в окружающую среду после некоторого момента времени (например после проплавления пола помещений герметичного ограждения);

месторасположение (высотная отметка) повреждения герметичного ограждения.

161. Признаки категорий аварийных выбросов могут быть уточнены при наличии соответствующего обоснования и/или с учетом особенностей проекта рассматриваемой РУ и набора систем, влияющих на состав, величину и вероятность аварийных выбросов.

162. Присвоение уникальных кодов категорий аварийных выбросов конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ рекомендуется выполнять на основе сходности логически и/или физически возможных комбинаций признаков категорий аварийных выбросов, указанных в пункте 160 настоящего Руководства по безопасности.

163. Определение вероятностей категорий аварийных выбросов для каждого из состояний с повреждением источника радиоактивности рекомендуется осуществлять с помощью программного средства, использованного для моделирования аварийных последовательностей ВАБ.

164. Количественные расчеты (оценка вероятностей реализации категорий аварийных выбросов) рекомендуется выполнять итеративно, изменяя ограничения на вероятность не учитываемых (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 обеспечить получение оценок вероятностей категорий аварийных выбросов для всех состояний РУ с повреждением источников радиоактивности, рассматриваемых в ВАБ.

165. Все условия и данные, учтенные при выполнении количественных расчетов, документируются для обеспечения возможности воспроизведения полученных результатов. В документации по ВАБ рекомендуется представлять все количественные данные (вероятности состояний РУ с повреждением источников радиоактивности, показатели надежности, условные вероятности событий запроектной аварии, вероятности ошибок персонала, «особые события», «условные события»), используемые в модели ВАБ при выполнении количественных расчетов, а также информацию о способах учета зависимостей в модели ВАБ.

166. Построение распределения аварийных выбросов заключается в оценке вероятности реализации для каждой из категорий аварийных выбросов.

Вероятность категории аварийных выбросов определяется по следующей формуле:

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

$$\overline{n = 1, N},$$

где:

$R(n)$ – вероятность категории аварийных выбросов для всех состояний с повреждением источника радиоактивности;

N – количество категорий аварийных выбросов;

M – количество состояний РУ с повреждением источников радиоактивности;

F(m) – вероятность состояния с повреждением источника радиоактивности (1/реактор·год);

C(m,n) – условная вероятность, что состояние с повреждением источника радиоактивности *m* приведет к аварийному выбросу категории *n*.

167. Для каждой категории аварийных выбросов, характеризующейся одним из диапазонов относительной массы радиоактивных веществ аварийного выброса, выбирается расчет запроектных аварий (из спектра расчетов, для которых относительная масса радиоактивного вещества попала в диапазон массы радиоактивных веществ, характеризующих данную категорию аварийных выбросов), оцененные по которому относительные массы радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду, являются максимальными. Количество радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду и оцененных в расчетном анализе, указанном выше, является характеристикой категории аварийных выбросов.

XIII. Определение радиационных последствий аварий

168. В рамках данной задачи определяются возможные дозы облучения населения на различных расстояниях от герметичных помещений для каждой из категорий аварийных выбросов. Расстояния от герметичного ограждения выбираются в зависимости от целей ВАБ.

169. Для решения данной задачи рекомендуется использовать программные средства, позволяющие моделировать основные физические процессы (перенос, рассеивание в атмосфере, осаждение радиоактивных веществ) при распространении радиоактивных веществ в окружающей среде и оценивать дозы облучения населения на различных расстояниях от герметичного ограждения с учетом метеорологических условий, усредненных для рассматриваемой площадки РУ.

170. В качестве начальных условий для анализа последствий аварий, обусловленных категорией аварийных выбросов, рекомендуется использовать результаты расчетных анализов запроектной аварии, назначенных для категории аварийных выбросов.

171. На различных расстояниях от герметичных помещений, включая границу зоны планирования защитных мероприятий, рекомендуется оценивать дозы облучения для каждой из категорий аварийных выбросов. Необходимость определения дозы облучения на различных расстояниях от места выхода радиоактивных веществ в окружающую среду (отличных от границы зоны планирования защитных мероприятий) устанавливается разработчиком ВАБ.

XIV. Анализ значимости, чувствительности и неопределенности

172. В рамках данной задачи выполняются:

оценка значимости факторов, наиболее сильно влияющих на результаты расчетов вероятностных показателей безопасности;

оценка чувствительности результатов расчетов вероятностных показателей безопасности к исходным данным и факторам, наиболее сильно влияющим на результаты расчетов вероятностных показателей безопасности;

оценка неопределенности расчетов вероятностных показателей безопасности, обусловленной вероятностной природой моделируемых событий и неполнотой знаний о развитии физических процессов.

173. Результатом анализа значимости является выявление количественных характеристик основных элементов модели ВАБ, в наибольшей степени влияющих на распределение аварийных выбросов. При выполнении анализа значимости рекомендуется рассматривать следующие элементы модели ВАБ:

аварийные последовательности (минимальные сечения);

состояния РУ с повреждением источников радиоактивности;

отказы элементов и систем;

события запроектной аварии;

ошибки персонала.

174. Анализ значимости рекомендуется выполнять для всех категорий аварийных выбросов, для которых в соответствии с пунктом 183 настоящего Руководства по безопасности установлено превышение дозовых пределов облучения населения.

175. Анализ значимости рекомендуется выполнять с использованием методов, основанных на оценке снижения

(увеличения) вероятности категории аварийных выбросов при постулировании максимально (минимально) возможной вероятности реализации событий, соответствующих указанным в пункте 173 настоящего Руководства по безопасности элементам логико-вероятностных моделей ВАБ.

176. В рамках анализа чувствительности оценивается влияние на полученные результаты различных факторов, идентифицированных при разработке ВАБ, с учетом принятых допущений.

177. Анализ чувствительности рекомендуется проводить для следующих факторов:

элементов логико-вероятностных моделей (аварийные последовательности, состояния РУ с повреждением источников радиоактивности, отказы элементов и систем, события запроектной аварии, ошибки персонала);

принятых допущений;

мероприятий, рекомендованных к реализации в проекте РУ на основании результатов ВАБ.

178. При анализе чувствительности к принятым допущениям рекомендуется рассматривать:

все принятые допущения и упрощения, влияющие на результаты ВАБ;

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

179. Оценки влияния допущений рекомендуется выполнять как индивидуально для каждого допущения, так и в совокупности для всех допущений при консервативном и оптимистичном их рассмотрении.

180. При анализе чувствительности оценивается степень зависимости результатов ВАБ от принятых допущений и подходов анализа.

181. Результатом анализа неопределенностей является оценка неопределенности (вероятностное распределение) суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, характеризующихся превышением доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий в

зависимости от характеристик неопределенности различных факторов, поддающихся статистической (вероятностной) оценке.

182. При выполнении анализа неопределенностей рекомендуется рассматривать, по крайней мере, параметрическую неопределенность вероятностных характеристик основных элементов модели ВАБ, перечисленных в пункте 173 настоящего Руководства по безопасности.

XV. Оценка уровня безопасности исследовательских ядерных реакторов и представление анализа результатов ВАБ

183. Оценку уровня безопасности РУ рекомендуется проводить путем установления соответствия/несоответствия суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, которые характеризуются на границе зоны планирования защитных мероприятий достижением дозы облучения населения, установленной в НРБ-99/2009, показателю вероятности предельного аварийного выброса, установленному в НП-033-11.

184. В отчетной документации по ВАБ рекомендуется представлять выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ. При этом приводятся:

оценка соответствия уровня безопасности РУ установленным вероятностным показателям безопасности;

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

результаты анализа чувствительности и неопределенностей (рекомендуется стремиться к тому, чтобы неопределенности анализа не существенно влияли на технические выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ);

выводы и рекомендации по результатам ВАБ.

185. В отчетной документации по ВАБ рекомендуется приводить сведения, содержащие результаты выполнения всех задач ВАБ.

186. Рекомендуется приводить информацию о результатах анализа систем, включающую описания систем, модели надежности (в графическом виде), количественные оценки.

187. Рекомендуется приводить перечень базовых событий модели ВАБ.

188. Рекомендуется приводить информацию о полученном распределении аварийного выброса (название категории аварийного выброса, краткую характеристику категории аварийного выброса, вероятность категории аварийного выброса, вклад категории аварийного выброса в кумулятивную вероятность категории аварийного выброса).

189. Рекомендуется приводить 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 итоговое значение вероятности категории аварийного выброса. Незначимыми являются аварийные последовательности, суммарный вклад которых в общую оценку вероятности категории аварийного выброса составляет менее 1%. Для категорий аварийных выбросов, характеризующихся отказом герметичных помещений, рекомендуется указывать основные причины повреждения герметичных помещений.

190. Рекомендуется представлять в графическом и/или табличном виде информацию о выбросах радиоактивного вещества в окружающую среду для всех категорий аварийных выбросов. При этом рекомендуется приводить описание наиболее значимых вкладчиков категорий аварийных выбросов, исходя из количества радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду.

191. Рекомендуется приводить информацию о дозах облучения населения на различных расстояниях от герметичных помещений, включая границу зоны планирования защитных мероприятий, с соответствующими пояснениями (для всех категорий аварийных выбросов).

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

оценку уровня безопасности РУ;

перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на распределение аварийных выбросов, оценку

влияния неопределенностей на выводы и рекомендации ВАБ (рекомендуется стремиться к тому, чтобы неопределенности анализа не существенно влияли на технические выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ);

оценку достижения целей, поставленных при выполнении ВАБ.

193. Рекомендуется описывать и интерпретировать результаты, полученные при анализе значимости, чувствительности и неопределенности.

194. Рекомендуется приводить разработанные по результатам ВАБ рекомендации для повышения уровня безопасности РУ, включая технические и организационные меры по управлению запроектной аварией.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «19» февраля 2016 г. № 61

Список сокращений

ВАБ	–	вероятностный анализ безопасности
ИС	–	инициирующее событие
РУ	–	исследовательский ядерный реактор
КЗ	–	короткое замыкание
КИП	–	контрольный измерительный прибор
МАГАТЭ	–	Международное агентство по атомной энергии
ОИАЭ	–	объект использования атомной энергии
ООВ	–	отказы общего вида
ППР	–	планово-предупредительный ремонт
ПУ	–	пульт управления
СБ	–	система безопасности
ЭС	–	эксплуатационное состояние

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «19» февраля 2016 г. № 61

Термины и определения

Аварийный выброс – выход радиоактивного вещества и (или) ионизирующего излучения в окружающую среду в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации.

Аварийная последовательность вероятностного анализа безопасности – последовательность событий запроектной аварии, начиная от инициирующего события до конечного состояния с аварийным выбросом (или без него).

Анализ значимости – анализ влияния отдельных параметров вероятностной модели на результаты ВАБ.

Анализ неопределенности – анализ влияния на результаты ВАБ возможных неточностей при определении частот ИС, параметров надежности оборудования и вероятностей ошибок персонала, принятых допущений и ограничений анализа, неполноты знаний о развитии физических процессов.

Анализ чувствительности – оценка влияния изменений исходных данных вероятностной модели на значения вероятностных показателей безопасности РУ.

Базисное (первичное) событие – элементарное событие, входящее в вероятностную модель РУ и характеризующееся определенным набором количественных вероятностных показателей.

Логико-вероятностная модель РУ – взаимосвязанная совокупность математических моделей аварийных последовательностей, систем, элементов, действий персонала, а также баз данных с вероятностными характеристиками ИС, надежности элементов, систем, отказов по общей причине, надежности персонала и других исходных данных, необходимых для оценки вероятностных показателей безопасности РУ.

Вероятностный анализ безопасности РУ – системный анализ безопасности РУ, в процессе которого разрабатываются вероятностные модели и определяются значения вероятностных показателей безопасности и результаты которого используются для качественных и количественных оценок уровня безопасности РУ и выработки решений при проектировании и эксплуатации РУ.

Вероятностный показатель безопасности – значение вероятности повреждения источника радиоактивности или значения вероятности выброса радиоактивного вещества в окружающую среду.

Внутреннее затопление – событие, заключающееся в создании превышающего установленные для нормальной эксплуатации пределы уровня воды в зданиях, строительных конструкциях, сооружениях или в их отдельных частях (помещениях), вызванное отказами оборудования, трубопроводов и других элементов или ошибками персонала РУ.

Внутренний пожар – событие, заключающееся в возгорании и горении (вплоть до полного сгорания) находящихся или обращающихся в зданиях, сооружениях, отдельных их частях (помещениях) или на открытых частях площадки РУ горючих веществ и материалов.

Герметичное ограждение – совокупность элементов строительных и других конструкций, которые, ограждая пространство вокруг РУ или другого объекта, содержащего радиоактивного вещества, образуют предусмотренную проектом границу и препятствуют распространению радиоактивного вещества в окружающую среду в количествах, превышающих установленные пределы. Пространство, закрытое герметичным ограждением, образует одно или несколько герметичных помещений.

Герметичное помещение – помещение РУ, расположенное внутри герметичного ограждения.

Дерево событий – граф, отображающий логику развития аварии, используемый для моделирования аварийных последовательностей.

Значимость – количественная характеристика влияния отдельных параметров вероятностной модели на результаты ВАБ.

Зона затопления – помещение или несколько помещений РУ, не имеющих барьеров для взаимопроникновения воды за счет различных видов связей и отделенных от других помещений РУ наличием таких барьеров.

Инициирующее событие – событие, возникновение которого непосредственно приводит к неуспешному конечному состоянию или может привести к такому состоянию при невыполнении функций безопасности. Исходя из особенностей используемых методов ВАБ, ИС делятся на три класса: ИС внутренние; ИС, вызванные внутренними воздействиями; ИС, вызванные внешними воздействиями.

Инициирующее событие, вызванное внешним воздействием – инициирующее событие, вызванное воздействием, связанным с внешним по отношению к РУ явлением природного или техногенного происхождения.

Инициирующее событие, вызванное внутренним воздействием – инициирующее событие, вызванное пожаром, затоплением, летящим предметом или

техногенным воздействием иного рода в пределах РУ, и не являющееся внутренним ИС.

Категория аварийного выброса – совокупность конечных состояний с аварийным выбросом, сгруппированных на основе признаков, влияющих на количество и состав радиоактивного вещества (ионизирующего излучения), вышедших в окружающую среду.

Конечное состояние – установившееся в результате развития аварии состояние элементов, систем РУ и РУ в целом, характеризуемое степенью повреждения источника радиоактивности или характеристикой выброса радиоактивных веществ и радиационного воздействия на персонал и население (определение для целей настоящего документа).

Конечное состояние неуспешное – конечное состояние, при котором превышаются установленные проектные пределы для аварий.

Конечное состояние успешное – конечное состояние, при котором не превышаются установленные проектные пределы для аварий.

Критерий успеха – минимальное количество работоспособных элементов систем и/или действий персонала, достаточное для успешного выполнения функций безопасности.

Логический оператор – логический элемент логико-вероятностной модели ВАБ, служащий для формирования изменяемых граничных условий, структурной логики моделей надежности систем.

Минимальное сечение – минимальный набор базисных событий, приводящих к нарушению работоспособности системы или невыполнению функций безопасности, или небезопасному конечному состоянию.

Неопределенность – неоднозначность (нечеткость) определения вероятностных показателей безопасности, обусловленная вероятностной природой моделируемых явлений и неполнотой знаний о развитии физических процессов.

Обобщенные данные – данные по частотам ИС и параметрам надежности оборудования, полученные на основе информации, не связанной непосредственно с исследуемой РУ.

Отказы общего вида – разновидность отказов по общей причине, являющихся следствием человеческих ошибок при проектировании, сооружении и эксплуатации объектов или следствием неблагоприятных воздействий окружающей среды.

Ошибочные действия персонала РУ – ошибки и ошибочные решения персонала, а также невыполнение необходимых действий персоналом.

Пожарная зона – помещение или несколько помещений РУ, не имеющих между собой барьеров, препятствующих распространению пожара за счет различных видов связей, и отделенных от других помещений РУ огнестойкими барьерами или физическим разделением.

Разомкнутый контур – условие отказа, при котором контур (каждый кабель или отдельный проводник внутри кабеля) теряет электрическую целостность.

Распределение аварийных выбросов – зависимость, представленная в форме: вероятность – категория аварийного выброса.

Событие запроектной аварии – физическое явление или любое другое событие, которое может влиять на распределение аварийного выброса при запроектной аварии.

Состояние РУ с повреждением источника радиоактивности – совокупность конечных состояний с повреждением источника радиоактивности, сгруппированных на основе признаков состояния РУ с повреждением источника радиоактивности, влияющих на степень повреждения источника радиоактивности, целостность герметичных помещений, вероятность, состав и величину аварийного выброса.

Специфические данные – данные по частотам ИС и параметрам надежности оборудования, полученные на основе информации, непосредственно связанной с исследуемой РУ.

Сценарий затопления – возможное развитие событий при затоплении, начинающееся с истечения воды из элементов систем, находящихся в одном помещении, с возможным распространением затопления в другие помещения за счет различных связей между помещениями, способных привести к повреждению систем (элементов).

Сценарий пожара *– возможное развитие событий при пожаре, которое* начинается с воспламенения горючих материалов и заканчивается полным прекращением процесса горения и может включать распространение пожара на другие горючие вещества, нагрев среды в помещениях, образование горячих газов или дыма, которые могут распространяться в области, находящиеся вне очага возгорания; повреждение систем (элементов) и кабелей, срабатывание пожарных датчиков и срабатывание автоматических систем пожаротушения; действия пожарной бригады.

Частота события – число событий в единицу времени.

Эксплуатационное состояние РУ – состояние РУ, характеризующееся набором уникальных признаков (режимы работы, параметры РУ, состояние систем и т.п.).

Нормативный документ

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности для исследовательских ядерных реакторов»

РБ-108-16

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 19 февраля 2016 г. № 61
Подписано в печать 13.03.2016

ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ») является официальным издателем и распространителем нормативных актов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
(Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.04.06 № 384) 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
Телефон редакции: 8-499-264-28-53

Система менеджмента качества ФБУ «НТЦ ЯРБ» сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2008 и межгосударственного стандарта ГОСТ ИСО 9001-2008

gost.e-ecolog.ru