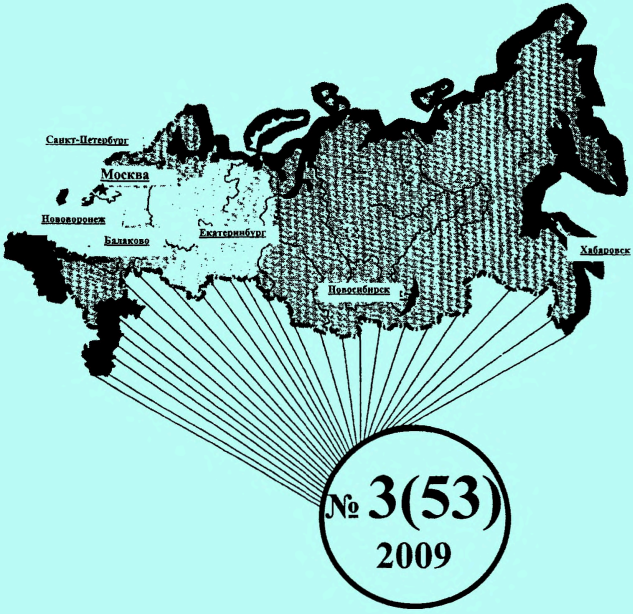
ЯДЕРНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



№ 3(53)
2009

ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

gost.e-ecolog.ru

ЯДЕРНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Ежеквартальный научно-практический журнал Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

Официальное издание — Издается с 1998 года

№ 3(53)-2009

Редакционная коллегия: Б.Г. Гордон (председатель), М.И. Мирошниченко, В. П. Слуцкер, Т. В. Синицына

Учредитель: НТЦ ЯРБ

Ответственный за выпуск
Т.В. Синицына
Редактор
Е.А. Дорогавцева
Компьютерная верстка
Э.П. Зернова

Редакция:
107140, Москва,
ул. Малая Красносельская,
д. 2/8, корп. 5
Тел. (499) 264-28-53
Издатель:
Тел. (499) 264-00-03
Факс (499) 264-28-59
E-mail: gost.e-ecolog.ru

Издательская лицензия:
серия ИД № 02016
Верстка выполнена
в ОНТИ НТЦ ЯРБ
Подписано в печать 09
Уч.-изд. л. 9
Тираж 500 экз.

© **Ядерная и радиационная безопасность**
НТЦ ЯРБ, 2009 г.

Опубликованные статьи не обязательно отражают взгляды и политику Ростехнадзора.

СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

Беззубцев В.С., Шарафутдинов Р.Б. О совершенствовании государственного регулирования ядерной и радиационной безопасности в условиях ускоренного развития атомной энергетики 3

Букринский А.М. Совершенствование регулирующей деятельности NRC на основе подходов, ориентированных на информацию о риске и конечный результат 7

Букринский А.М. Определение значимости результатов инспекций, осуществляемых персоналом NRC, в процессе реакторного надзора 15

Ушанова О.Н., Корж В.И., Кузнецов Л.А., Мишагина А.С. Исследование некоторых методических особенностей применения программного комплекса Amber 4.4 для оценки безопасности приповерхностных хранилищ РАО 24

Аникин А.Ю., Курындин А.В., Курындина Л.А., Строганов А.А. Мировой опыт использования подходов, учитывающих выгорание ядерного топлива при обосновании ядерной безопасности обращения с ОЯТ 38

Официальные документы

Основные рекомендации к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа ВВЭР. РБ-044-09 44

Проекты нормативных документов

Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе объектов ядерного топливного цикла..... 68

Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе исследовательских ядерных установок 82

Международная информация 101

Уважаемые читатели!

01 сентября 2009 г. приказом Ростехнадзора (№641 от 20 июля 2009 г.) введено в действие руководство по безопасности «Расчетные соотношения и методики расчета гидродинамических и тепловых характеристик элементов и оборудования водоохлаждаемых ядерных энергетических установок» (РБ-040-09).

РБ содержит рекомендации по реализации требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, включая соотношения для расчета:

- коэффициентов гидравлического сопротивления трения и местных касательных напряжений, расходов;
- коэффициентов теплоотдачи;
- температур поверхностей теплообмена;
- параметров кризиса теплоотдачи при кипении воды;
- погрешности рекомендуемых расчетных характеристик.

Заказать РБ можно по адресу:

107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, стр. 5, НТЦ ЯРБ

Справки по тел. : 499-264-28-53

Факс: 499-264-28-59

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**

ПРИКАЗ

20 июля 2009 г. № 640

Москва

Об утверждении и введении в действие руководства по безопасности «Основные рекомендации к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа ВВЭР» (РБ-044-09)

П р и к а з ы в а ю:

Утвердить и ввести в действие с 1 сентября 2009 г. прилагаемое руководство по безопасности «Основные рекомендации к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа ВВЭР» (РБ-044-09).

И.о. руководителя А.В. Ферапонтов

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 20 июля 2009 г. № 640

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

«ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЕРОЯТНОСТНОМУ АНАЛИЗУ БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ ТИПА ВВЭР»

РБ-044-09

Введено в действие
с 1 сентября 2009 г.

Москва 2009

УДК 621.039.58

ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЕРОЯТНОСТНОМУ АНАЛИЗУ БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ ТИПА ВВЭР. РБ-044-09

Настоящее руководство по безопасности носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

Руководство по безопасности содержит рекомендации по реализации требований федеральных норм и правил, определяющих критерии и принципы обеспечения безопасности атомных станций.

Руководство по безопасности содержит рекомендации по выполнению расширенного ВАБ уровня 2, включающего определение доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий (ЗПЗМ) АС с реакторами типа ВВЭР. ВАБ выполняется с целью определения соответствия/не соответствия суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, которые характеризуются превышением доз облучения населения на границе ЗПЗМ, указанных в п. 6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99), целевому ориентиру по вероятности предельного аварийного выброса, равной $1 \cdot 10^{-7}$, установленной в федеральных нормах и правилах, и выявления факторов, вносящих наибольший вклад в последствия аварий.

Выпускается впервые.

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений
Основные термины и определения
I. Назначение и область применения
II. Общие положения
III. Преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2
IV. Анализ систем
V. Оценка нагрузок на герметичное ограждение
VI. Анализ запроектных аварий
VII. Моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2
VIII. Построение распределения аварийных выбросов
IX. Определение радиационных последствий аварий
X. Оценка уровня безопасности и анализ результатов ВАБ-2
XI. Представление результатов ВАБ-2
Приложение. Рекомендуемый состав отчета по ВАБ-2

Перечень сокращений

АЗ – аварийная защита
АС – атомная станция
БРУ-А – быстродействующая редукционная установка со сбросом пара в атмосферу
БРУ-К – быстродействующая редукционная установка со сбросом пара в конденсатор турбины
ВАБ – вероятностный анализ безопасности
ВАБ-1 – вероятностный анализ безопасности уровня 1
ВАБ-2 - вероятностный анализ безопасности уровня 2
ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор
ИС – инициирующее событие
КД – компенсатор давления
МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии
ООБ – отчет по обоснованию безопасности
ОИАЭ – объект использования атомной энергии
ПГ – парогенератор
ПК – предохранительный клапан
РБ – руководство по безопасности
РУ – реакторная установка
СПИР – состояние АС с повреждением источника радиоактивности
ТВС – тепловыделяющая сборка

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Авария – нарушение эксплуатации АС, при котором произошел выход радиоактивных веществ и (или) ионизирующего излучения за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации (ОПБ-88/97).

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

Аварийная последовательность – последовательность событий, приводящая к определенному финальному состоянию блока АС. Эта последовательность включает в себя инициирующее событие, события, связанные с успешным или неуспешным выполнением функций безопасности системами АС и/или персоналом, а также успешное или неуспешное конечное состояние (РБ-032-04).

Аварийная последовательность ВАБ-2 (АП ВАБ-2) – последовательность событий запроектной аварии, начиная от состояния с повреждением источника радиоактивности [1] до конечного состояния с аварийным выбросом (или без него).

Безопасность АС (ядерная и радиационная) – свойство АС при нормальной эксплуатации и нарушениях условий нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду установленными пределами (ОПБ-88/97).

Вероятностный анализ безопасности АС – системный анализ безопасности блока АС, в процессе которого разрабатываются вероятностные модели, определяются значения вероятностных показателей безопасности, и результаты которого используются для качественных и количественных оценок уровня безопасности блока АС и выработки решений при проектировании и эксплуатации блока АС (РБ-032-04).

ВАБ АС уровня 1 – ВАБ АС, содержанием которого является разработка вероятностной модели блока АС для определения конечных состояний с повреждением источников радиоактивности и оценки значений вероятностей их реализации (РБ-032-04).

ВАБ АС уровня 2 – ВАБ АС, содержанием которого является разработка вероятностной модели энергоблока/энергоблоков АС для определения распределения аварийного выброса и последствий аварий (РБ-032-04).

Вероятностная модель АС – 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 другими исходными данными, необходимыми для оценки вероятностных показателей безопасности АС (РБ-032-04).

Вероятностный показатель безопасности – значение вероятности повреждения источника радиоактивност или значения вероятности выброса радиоактивного вещества в окружающую среду (РБ-032-04).

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 (НП-010-98).

Герметичное помещение – помещение АС, расположенное внутри герметичного ограждения.

Запроектная авария – авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности сверх единичного отказа, реализацией ошибочных решений персонала (ОПБ-88/97).

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 внешние: ИС, вызванные внешними воздействиями (РБ-032-04).

Источник радиоактивности – элемент или система АС, содержащий(ая) ядерное топливо или радиоактивного вещества (РБ-032-04).

---

[1] Определение "Повреждение ИР" устанавливается в рамках ВАБ-1.

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.

Последствия аварии – возникшая в результате аварии радиационная обстановка, наносящая убытки и вред из-за превышения установленных пределов радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду (ОПБ-88/97).

***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[2].

Состояние АС с повреждением источника радиоактивности – совокупность конечных состояний с повреждением источника радиоактивности, сгруппированных на основе признаков состояния АС с повреждением источника радиоактивности, влияющих на степень повреждения источника радиоактивности, герметичность герметичного ограждения, вероятность, состав и величину аварийного выброса.

Тяжелая запроектная авария – запроектная авария с повреждением твэлов выше максимального проектного предела, при которой может быть достигнут предельно допустимый аварийный выброс радиоактивного вещества в окружающую среду (ОПБ-88/97).

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

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Настоящее руководство по безопасности носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

2. Руководство по безопасности содержит рекомендации по реализации требований федеральных норм и правил, определяющих критерии и принципы обеспечения безопасности атомных станций.

3. Руководство по безопасности содержит рекомендации по выполнению расширенного ВАБ уровня 2, включающего определение доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий АС с реакторами типа ВВЭР. ВАБ выполняется с целью определения соответствия/несоответствия суммарной вероятности категорий аварийных выбросов, которые характеризуются превышением доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий, указанных в п. 6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99), целевому ориентиру по вероятности предельного аварийного выброса, равной $1 \cdot 10^{-7}$, установленной в федеральных нормах и правилах, и выявления факторов, вносящих наибольший вклад в последствия аварий.

4. Настоящее руководство по безопасности определяет цели, объем, порядок выполнения ВАБ-2, вероятностные показатели безопасности, способы использования полученных результатов при проведении комплексных качественных и количественных оценок уровня безопасности действующих и проектируемых АС с реакторами типа ВВЭР.

Настоящее руководство по безопасности может быть использовано при выполнении ВАБ-2 иных объектов использования атомной энергии в том объеме, в каком это оправдано с технической точки зрения.

5. В случае использования других способов и методов, чем те, которые указаны в данном руководств по безопасности, представляются обоснования их применимости.

II. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. ВАБ-2 АС при проектировании и эксплуатации выполняется для одной или нескольких из перечисленных ниже целей:

1) комплексной качественной и количественной оценки уровня ядерной и радиационной безопасности блока АС, включая проверку соответствия проекта заданным вероятностным показателям безопасности, и принятия связанных с безопасностью решений на этапах сооружения и эксплуатации АС;
2) оценки обеспечения достаточного уровня надежности важных для безопасности систем (элементов), их защищенности от отказов общего вида, а также ошибочных действий эксплуатационного персонала АС;
3) разработки рекомендаций по мероприятиям, направленным на повышение безопасности, и по приоритетам их реализации;
4) оптимизации проектных решений при проектировании АС;

[2] Например, дефлаграционное или детонационное горение водорода.

5) установления, в соответствии с п.1.2.16 ОПБ-88/97, окончательного перечня запроектных аварий, оценки эффективности мер по управлению запроектными авариями.
6) разработки руководств по управлению запроектными авариями;
7) получения данных для разработки планов мероприятий по защите населения в случае радиационных аварий;
8) зонирование территории вокруг АС.

Отчетная документация по ВАБ-2 для вновь проектируемых блоков включается в состав отчета по обоснованию безопасности (ООБ), для эксплуатируемых блоков ВАБ-2 включается в комплект документов, подаваемых для получения лицензии на эксплуатацию энергоблока.

2.2. При выполнении ВАБ-2 определяется полное множество аварийных последовательностей с аварийным выбросом, оцениваются вероятности их реализации, выполняется расчет вероятностного(ых) показателя(ей) безопасности и осуществляется оценка соответствия этих показателей требованиям нормативных документов.

2.3. Полномасштабный ВАБ-2 АС предусматривает разработку вероятностной модели для:

- всех имеющихся на площадке АС источников радиоактивности, включая РУ (установки), отработанное ядерное топливо в бассейне выдержки и хранилище отработавшего ядерного топлива, хранилища твердых и жидких радиоактивных отходов;
- всех эксплуатационных состояний АС, включая работу на мощности, стояночные режимы для проведения плановых перегрузок ядерного топлива, технического обслуживания и ремонтов оборудования, режимы пуска и останова;
- внутренних ИС и ИС, вызванных внутренними и внешними воздействиями.

2.4. ВАБ-2 выполняется на основе результатов ВАБ-1 для соответствующих источников радиоактивности, эксплуатационные состояния АС и ИС. В данном РБ в качестве источника радиоактивности рассматриваются твэлы активной зоны реактора.

2.5. ВАБ-2 рекомендуется выполнять после рассмотрения и формулировки выводов о приемлемости ВАБ-1 органом государственного регулирования безопасности.

2.6. На начальном этапе выполнения ВАБ-2 действующей АС эксплуатирующая организация (или разработчик ВАБ-2) составляет программу разработки ВАБ-2, определяющую сроки выполнения ВАБ-2.

2.7. При проектировании блока АС допускается выполнение ВАБ-2 в минимально необходимом объеме, при котором в качестве источника радиоактивности рассматриваются твэлы активной зоны РУ, в качестве ИС - внутренние ИС, в качестве эксплуатационных состояний АС – режимы работы на мощности с выдачей электроэнергии во внешнюю сеть.

2.8. При выполнении ВАБ-2 решаются следующие задачи:

- сбор и обработка исходной информации, необходимой для характеристики энергоблока АС, как объекта ВАБ-2, и для выполнения ВАБ-2;
- преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2;
- анализ систем;
- анализ запроектных аварий;
- оценка нагрузок на герметичное ограждение;
- анализ аварийных последовательностей ВАБ-2;
- построение распределения аварийных выбросов;
- определение радиационных последствий аварий;
- оценка уровня безопасности, анализ результатов ВАБ-2;
- представление результатов ВАБ-2.

2.9. 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, продолжительностью Т (в годах), приведение к одному году осуществляется делением вероятности на величину Т.

2.10 ВАБ-2 выполняется на основании:

- проектно-конструкторской и эксплуатационной документации, отражающей состояние АС на момент начала разработки ВАБ;
- результатов анализов аварийных процессов, проведенных в рамках выполняемого ВАБ-2 и (или) в рамках других исследований;
- действующей нормативной документации, РБ;
- документов МАГАТЭ.

2.11 Принятые при выполнении ВАБ-2 ограничения и допущения документируются, обосновываются и не должны приводить к существенным искажениям показателей безопасности, влияющих на принятие решения на основе результатов ВАБ-2. Степень влияния допущений и ограничений на результаты ВАБ-2 исследуется при анализе чувствительности.

2.12 Результаты выполнения ВАБ-2 энергоблока АС, включая логико-вероятностную модель, содержащую модели аварийных последовательностей, логические ключи, граничные усло-

вия, базовые события с их параметрами и т.п., а также полученные в результате расчетов наборы минимальных сечений и их вероятности, архивируются и сохраняются в виде, позволяющем воспроизводить анализы.

2.13. Отчетная документация, разработанная в рамках ВАБ-2, в полном объеме представляется для проведения экспертизы ВАБ-2 в организацию, уполномоченную на ее проведение органом государственного регулирования безопасности. По запросу указанной организации на время проведения экспертизы обеспечивается доступность логико-вероятностной модели ВАБ-2, а также представляются любые материалы, на которые имеются ссылки в отчетной документации по ВАБ-2, за исключением материалов, опубликованных в открытой печати.

2.14. Рекомендуемый состав отчетных документов по ВАБ-2 приведен в приложении.

III. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВАБ-1 В ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ВАБ-2

3.1. Назначением данной задачи является объединение конечных состояний аварийных последовательностей (характеризующихся повреждением источника радиоактивности) из ВАБ-1 в группы состояний с повреждением источника радиоактивности. Для этих групп СПИР реакция энергоблока должна быть одинакова (близка) с точки зрения протекания аварии после повреждения источника радиоактивности (включая воздействие на герметичное ограждение и связанные с ним системы и/или количество радиоактивного вещества, вышедших при повреждении источника радиоактивности в окружающую среду), а также распределения аварийного выброса. Формирование групп СПИР и оценка их частот обеспечивает преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2.

3.2. СПИР определяются на основе рассмотрения множества характерных признаков (атрибутов). При этом конечные состояния аварийных последовательностей, группируемые в одно СПИР, должны обладать сходными значениями всех характерных признаков.

3.3. Признаки СПИР выбираются таким образом, чтобы каждый из них характеризовал, по крайней мере, один из следующих факторов:

- особенности физических процессов, сопровождающих развитие запроектных аварий;
- пути выхода радиоактивного вещества в окружающую среду (наличие или отсутствие байпаса герметичного ограждения);
- состояние герметичного ограждения до выхода радиоактивного вещества в окружающую среду;
- состояние систем энергоблока, оказывающих влияние на процессы в герметичном ограждении и выход радиоактивного вещества в окружающую среду при запроектной аварии;
- количество и состав радиоактивного вещества, выходящих из источника радиоактивности;
- количество и состав радиоактивного вещества, выходящих в окружающую среду.

3.4. Рекомендуется использовать следующие общие признаки СПИР:

- категории групп ИС или группы ИС (большая течь, малая течь, переходный процесс, течь за пределы герметичного ограждения и т. п.);
- параметры первого контура (например, давление в первом контуре в момент повреждения активной зоны реактора);
- степень повреждения твэлов (разгерметизация определенного числа твэлов, плавление твэлов и т. п.);
- состояние защитных систем безопасности (работоспособны/не работоспособны);
- состояние систем отвода тепла из герметичного ограждения (работоспособны/не работоспособны);
- состояние локализующих систем безопасности, в том числе изолирующих устройств герметичного ограждения (работоспособны/не работоспособны);
- состояние герметичного ограждения (герметично/не герметично);
- состояние фильтрующих элементов герметичного ограждения;
- наличие электроснабжения;
- состояние систем, влияющих на герметизацию второго контура (паросбросных и изолирующих);
- состояние систем второго контура, обеспечивающих теплоотвод через ПГ или подачу воды в ПГ.

Помимо перечисленных могут использоваться и дополнительные характерные признаки, описание и обоснование использования которых приводится в отчетной документации по ВАБ-2.

3.5. При разработке перечня СПИР в качестве характерных признаков СПИР учитывается состояние и режим использования следующих систем[3]:

- спринклерных систем;
- систем пассивного отвода тепла от герметичного ограждения 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 герметичного ограждения;
- систем вентиляции герметичного ограждения (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 (ПК ПГ, БРУ-А, БРУ-К, изолирующая арматура паропроводов и трубопроводов подачи воды в ПГ);
- состояние систем второго контура, обеспечивающих подачу воды в ПГ.

3.6. Указанный в п. 3.5 перечень систем может не в полной мере отражать особенности энергоблока АС, поэтому рекомендуется проводить детальный анализ состояния всех систем энергоблока, которые могут влиять либо на развитие запроектной аварии, либо на герметичность герметичного ограждения, либо на величину и состав выбросов радиоактивного вещества в окружающую среду.

3.7. Работоспособность и эффективность систем энергоблока в условиях запроектной аварии обосновывается.

3.8. Для систем, указанных в пп. 3.4 – 3.6, рекомендуется разрабатывать/дорабатывать логико-вероятностную модель систем, которые включают в себя модели обеспечивающих и управляющих систем, необходимых для выполнения функций систем, рассматриваемых в ВАБ-2.

3.9. Перечень СПИР формируется на основе составления физически и/или логически возможных комбинаций характерных признаков, перечисленных в пп. 3.3 – 3.6. Для удобства составления перечня СПИР рекомендуется использовать логическую схему, представляемую в графическом или матричном виде.

3.10. Для группирования конечных состояний аварийных последовательностей из ВАБ-1, характеризующихся повреждением источника радиоактивности, в соответствии признаками СПИР, указанными в пп. 3.4; 3.5; 3.6, в СПИР и определения вероятностей реализации СПИР проводится специальный анализ, который рекомендуется выполнять с использованием того же программного средства, которое применялось при выполнении ВАБ-1.

3.11. При выполнении анализа, указанного в п. 3.10, применяются рассмотренные ниже подходы:

Подход 1

1.1. Конечным состояниям аварийных последовательностей из ВАБ-1, характеризующимся одинаковыми признаками СПИР, не требующим анализа на уровне минимальных сечений (вид ИС или группы ИС, параметры первого контура и т. п.), присваивается одинаковый уникальный код и выполняется группировка указанных конечных состояниях в группы конечных состояний.

1.2. Выполняется разработка промежуточных логико-вероятностных моделей (например, деревьев событий (ДС)), инициирующими событиями которых являются группы конечных состояний, а функциональными событиями – остальные признаки СПИР. Конечным состояниям промежуточных логико-вероятностных моделей, характеризующимся одинаковыми признаками СПИР, присваиваются уникальные коды СПИР.

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

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

Подход 2

2.1. Выполняется расширение логико-вероятностных моделей ВАБ-1 путем внедрения дополнительных функциональных событий, отвечающих состояниям систем (см. пп.3.5; 3.6).

2.2. Конечным состояниям расширенных логико-вероятностных моделей, характеризующимся одинаковыми признаками СПИР (см. пп.3.5; 3.6), присваиваются уникальные коды СПИР.

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

3.12. При использовании 1-го подхода конечные состояния аварийных последовательностей из ВАБ-1 группируются с учетом первых трех признаков (см. п. 3.4). Функциональными событиями в промежуточных логико-вероятностных моделей являются признаки СПИР (состояния систем – см. пп.3.5; 3.6), для которых разрабатываются логико-вероятностные модели систем так же, как при разработке логико-вероятностных моделей ВАБ-1. Каждый признак может представляться одним или несколькими функциональными событиями.

3.13. При использовании 2-го подхода логико-вероятностных моделей из ВАБ-1 достраиваются путем включения в модель дополнительных функциональных событий, отражающих признаки СПИР (состояний систем – см. пп.3.5; 3.6). Учет первых трех признаков СПИР (см. п. 3.4) проводится в процессе анализа конечных состояний расширенных логико-вероятностных моделей.

3.14. Присваивание уникальных кодов СПИР конечным состояниям аварийных последовательностей логико-вероятностных моделей, разработанным в соответствии с рекомендациями пп. 3.12; 3.13, выполняется на основе логической схемы (см. п. 3.9).

3.15. Допущения, использованные при разработке дополнительных ЛВМ или доработке логико-вероятностных моделей из ВАБ-1, обосновываются и представляются в составе документации по ВАБ-2.

3.16. Допускается не выполнять дальнейший анализ в отношении СПИР, оцененная вероятность реализации которых менее $1*10^{-9}$ 1/год при условии, что кумулятивный вклад отсеянных состояний с повреждением источника радиоактивности в вероятность повреждения источника радиоактивности не более 1%.

3.17. Графическое изображение дополнительных логико-вероятностных моделей или доработанных логико-вероятностных моделей из ВАБ-1 с указанием частот реализации конечных состояний представляется в документации ВАБ-2. Перечень минимальных сечений, определяющих каждое СПИР, представляется в отчетной документации ВАБ-2.

IV. Анализ систем

4.1. Целью анализа систем при выполнении ВАБ-2 является разработка логико-вероятностных моделей надежности систем по выполнению всех функций, в которых задействована анализируемая система, и их интеграция в модель ВАБ-2.

4.2. Анализу подлежат все системы, которые могут повлиять на распространение радиоактивного вещества в РУ и помещениях герметичного ограждения, на возможность удержания радиоактивного вещества в зоне локализации аварии, на аварийный выброс.

4.3. Для систем, которые моделировались в рамках ВАБ-1, переопределяются их функции, конфигурация, границы и критерии успеха применительно к задачам ВАБ-2. Анализ надежности систем, который может быть выполнен методами ВАБ-1, проводится в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе «Анализ надежности систем» РБ-024-02, с учетом особенностей задач ВАБ-2.

4.4. Критерии успеха систем обосновываются и представляются в составе документации ВАБ-2.

4.5. Интеграция моделей надежности систем в модели ВАБ-2 проводится при выполнении задачи преобразования результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2 (для систем, состояние которых входит в состав признаков СПИР) и при моделировании аварийных последовательностей ВАБ-2.

4.6. При разработке модели надежности системы герметичного ограждения (элементов герметичного ограждения) рекомендуется рассматривать систему герметичного ограждения (элементы герметичного ограждения) как единое целое.

4.7. Для систем, рассматриваемых как единое целое, целью анализа является разработка моделей, позволяющих оценивать вероятность отказа системы в зависимости от заданных параметров нагружения, отвечающих режимам проектных и (или) запроектных аварий.

4.8. Для проектов АС, в которых предусмотрено герметичное ограждение, для достижения цели, указанной в п.4.7, разрабатывается расчетная модель герметичного ограждения [4], позволяющая оценить параметры напряженно-деформированного состояния основных элементов герметичного ограждения: бетона, канатов системы предварительного напряжения, облицовки. Данная модель должна учитывать поведение этих элементов за пределами упругого состояния вплоть до наступления предельных состояний.

4.8.1. Допускается применение осесимметричных конечно-элементных моделей (без учета проходок, люков, шлюзов, резких переходов геометрии) для определения параметров напряженно-деформированного состояния в регулярных зонах бетона и облицовки (т. е. 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 гермооболочек[5].

4.8.2. На основе результатов расчета параметров напряженно-деформированного состояния определяются виды отказов элементов герметичного ограждения 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 герметичного ограждения).

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

V. ОЦЕНКА НАГРУЗОК НА ГЕРМЕТИЧНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ

5.1. Назначением данной задачи является определение возможных событий запроектной аварии, определение нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных этими событиями и оценка вероятности нарушения герметичности герметичного ограждения.

5.2. При выполнении ВАБ-2 рекомендуется рассматривать нагрузки на герметичное ограждение при следующих событиях запроектной аварии:

- паровой взрыв внутри корпуса реактора;
- паровой взрыв за пределами корпуса реактора;
- горение водорода (все виды) и окиси углерода в помещениях герметичного ограждения;
- диспергирование разрушенных компонентов активной зоны при их выходе за пределы корпуса реактора;
- проплавление бетонной шахты реактора или взаимодействие расплава активной зоны с материалами устройства локализации расплава;
- реактивные усилия на корпус реактора;
- усилия на компоненты оборудования, вызванные реактивными усилиями на корпус реактора;
- повреждение "горячей нитки" главного циркуляционного трубопровода, "дыхательного" трубопровода КД, трубок парогенератора и коллектора парогенератора, вызванное высокой температурой в первом контуре;
- ударные воздействия вследствие разрушения элементов конструкций в герметичных помещениях герметичного ограждения;
- повышение давления (включая квазистатическое) в пределах герметичного ограждения, обусловленное различными физическими процессами в герметичном ограждении.

5.3. Допускается не учитывать события запроектной аварии, обусловленные нагрузками на герметичное ограждение, при анализе аварийных последовательностей ВАБ-2, если представлены обоснования, что нагрузки на герметичное ограждение не превышают проектных величин.

---

[4] Для действующих АС с учетом реального состояния герметичного ограждения.

[5] Применимость результатов расчетов и/или испытаний аналогичных зон эксплуатирующихся ГО, следует обосновывать.

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

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

- ранняя – промежуток времени с начала ИС до момента окончания выхода разрушенных компонентов активной зоны в бетонную шахту реактора, либо в устройство локализации расплава после разрушения днища корпуса реактора;
- основная – промежуток времени от момента окончания ранней фазы до момента проплавления бетонной шахты или нарушения герметичности герметичного ограждения[6];
- заключительная – от момента проплавления бетонной шахты реактора и выхода расплава на (за) границы зоны локализации аварии до момента прекращения (см. сноску 6) увеличения массы радиоактивного вещества, выходящих в окружающую среду.

Представляется обоснование выбора фаз запроектной аварии.

5.6. Длительность, количество и временные границы фаз запроектной аварии могут быть уточнены при наличии соответствующего обоснования, представляемого в отчетной документации по ВАБ-2.

5.7. Для каждой фазы запроектной аварии (на момент времени, характеризующийся формированием наибольших нагрузок на герметичное ограждение), для каждого СПИР проводятся оценки нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных событиями запроектной аварии, перечисленными в пп.5.2; 5.4 и оценки вероятности нарушения герметичности герметичного ограждения.

5.8. Параметры нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных реализацией событий запроектной аварии, перечисленных в п.п.5.2; 5.4 рекомендуется определять на основе специального анализа, включающего разработку расчетных моделей, использования результатов экспериментов и ранее полученных результатов для АС аналогичных типов. Использование результатов, полученных для других АС аналогичных типов, следует обосновывать. В составе документации по ВАБ-2 представляются результаты указанного выше анализа, включая расчетные модели, краткое описание результатов экслериментов и результатов, полученных в рамках других исследований[7].

5.9. Исходными данными для выполнения оценок нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных событиями запроектной аварии, являются результаты анализа запроектной аварии.

VI. АНАЛИЗ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЙ

6.1. 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 герметичном ограждении, количестве и составе радиоактивного вещества, вышедших в окружающую среду. Результаты, полученные при решении данной задачи, используются в задачах ВАБ-2 из разделов 5, 7 и 8.

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

Допускается использование неинтегральных программных средств, однако при этом приводится обоснование корректности использования результатов расчетов, полученных с помощью одного программного средства, в качестве входных данных для другого программного средства.

6.3. При нарушении герметичности герметичного ограждения в качестве размера повреждения герметичного ограждения, обусловленного событиями запроектной аварии, принимется максимальный характерный размер поврежденного элемента герметичного ограждения (например, при повреждении проходки герметичного ограждения – размер проходки и т.п.). Размер и место повреждения герметичного ограждения обосновывается.

6.4. Расчеты запроектной аварии рекомендуется выполнять для каждого СПИР и для каждой из фаз запроектной аварии при постулируемом размере и месте повреждения герметичного ограждения. Принятые для расчетов исходные данные обосновываются. В качестве начальных и (или) граничных условий для анализа запроектной аварии используются признаки, характеризующие СПИР. При выполнении расчетных анализов учитывается проектная неплотность герме-

---

[6] При отсутствии проплавления бетонной шахты реактора или при наличии УЛР заключительная фаза не рассматривается, а промежуток времени рассматривается до момента прекращения выхода РВ в окружающую среду. Критерии прекращения выхода РВ обосновываются при разработке ВАБ.

[7] При использовании результатов, полученных в рамках других исследований, представляются сведения из других исследований, достаточные для оценки их корректности и применимости к анализируемой АС.

тичного ограждения и определяется количество радиоактивного вещества, вышедших в окружающую среду через проектную неплотность.

6.5. Результаты расчетов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках разрабатываемого ВАБ-2, или результаты расчетов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках других исследований и использованных для целей данного ВАБ-2, применимость чего обоснована, представляется в документации по ВАБ-2.

6.6. Программные средства, используемые для расчетов параметров протекания аварий в РУ и герметичного ограждения, должны позволять моделировать:

- оборудование, материалы, системы, помещения ГО АС, влияющие на протекание запроектной аварии;
- тепловыделения (в том числе остаточные тепловыделения) в ядерном топливе, включая неравномерность тепловыделений, как по высоте, так и по радиусу активной зоны реактора;
- процессы разрушения активной зоны (оголение, плавление, перемещение и т.д.) и внутрикорпусных устройств (плавление, перемещение и т.д.) ректора в процессе протекания запроектной аварии;
- экзотермические реакции взаимодействия материалов активной зоны (цирконий, нержавеющая сталь) с водяным паром, сопровождающиеся выделением водорода;
- перемещение разрушенных компонентов активной зоны реактора и внутрикорпусных устройств в ниже расположенные области реактора, вплоть до днища реактора;
- разогрев и разрушение днища реактора;
- выход разрушенных компонентов активной зоны и внутрикорпусных устройств реактора в помещения под днищем реактора и их взаимодействие с материалами пола помещения (эрозия, образование водорода, окиси углерода, выход радиоактивных аэрозолей и т.п.);
- выход разрушенных компонентов активной зоны и внутрикорпусных устройств реактора в устройство локализации расплава и их взаимодействие с материалами устройства локализации расплава;
- неконденсированные газы в первом контуре и помещениях герметичного ограждения;
- процессы образования и горения водорода и окиси углерода.

6.7 Программные средства, используемые для оценки выхода радиоактивного вещества в окружающую среду, должны позволять моделировать:

- выход радиоактивного вещества из твэлов;
- распространение радиоактивного вещества в первом контуре, включая процессы конденсации, осаждения, агломерации и т. д;
- распространение радиоактивного вещества за пределы первого контура, образование радиоактивного вещества в результате процессов взаимодействия разрушенных компонентов активной зоны с бетоном шахты реактора и материалами устройства локализации расплава;
- перенос и осаждение радиоактивного вещества внутри помещений герметичного ограждения и за пределами герметичного ограждения (процессы гравитационного осаждения, термофореза, диффузиофореза, агломерации аэрозолей и осаждения их на горизонтальных и вертикальных поверхностях);
- выход радиоактивного вещества в окружающую среду.

6.8 Изотопный состав активной зоны реактора принимается на конец выбранной кампании реактора. Состав радиоактивного вещества, рассматриваемых в ВАБ-2, обосновывается.

VII. МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ВАБ-2

7.1. Назначением данной задачи является разработка моделей аварийных последовательностей, отображающих процессы развития запроектной аварии в пределах герметичного ограждения и/или прилегающих к герметичному ограждению помещениях энергоблока.

7.2. Моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2 включает в себя как собственно разработку моделей развития запроектной аварии, так и определение вероятностей событий запроектной аварии.

7.3. При разработке аварийных последовательностей ВАБ-2 используются следующие данные:

- результаты анализов, указанных в п.6.4;
- результаты ВАБ-1;
- признаки СПИР;
- опыт, накопленный при выполнении ВАБ-2;
- особенности проекта энергоблока АС;

- результаты анализа феноменологии запроектной аварии, оценки нагрузок на герметичное ограждение и оценки вероятностей нарушения герметичности герметичного ограждения.

7.4. Аварийные последовательности ВАБ-2 разрабатываются для каждого СПИР.

7.5. Вероятности событий запроектной аварии обосновывается. Результаты обоснования приводятся в отчетной документации по ВАБ-2 для каждого события запроектной аварии.

7.6. Для разработки аварийных последовательностей ВАБ-2 рекомендуется использовать специальные программные средства, позволяющие учитывать взаимосвязь событий запроектной аварии с помощью булевой алгебры. В качестве такого средства может быть использован программный продукт, примененный при разработке ВАБ-1.

7.7. Модели аварийных последовательностей ВАБ-2 строятся путем включения в модель следующих функциональных событий ВАБ-2:

- СПИР (определяют инициирующие события аварийных последовательностей ВАБ-2);
- событий запроектных аварий (см. пп.5.2; 5.4);
- признаков СПИР, указанных в пп.3.4; 3.6.

7.8. Каждое конечное состояние аварийных последовательностей ВАБ-2 соответствуют определенной категории аварийного выброса.

7.9. Присваивание уникальных кодов категорий аварийного выброса конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ-2 осуществляется на основе признаков КАВ. Определение категорий аварийного выброса и их характеристик выполняется при решении задачи ВАБ «Построение распределения аварийных выбросов».

7.10. Построение моделей аварийных последовательностей ВАБ-2 осуществляется с учетом зависимостей между событиями запроектной аварии. Детальное описание реализации зависимостей между событиями запроектной аварии в среде программного средства, используемого при разработке модели ВАБ-2, и собственно описание зависимостей между событиями запроектной аварии, приводятся в составе отчетных материалов по ВАБ-2.

7.11. Графическое изображение аварийных последовательностей ВАБ-2 для всех СПИР с результатами оценок вероятностей реализации конечных состояний представляется в составе отчетных материалов по ВАБ-2. Перечень минимальных сечений представляется в отчетной документации ВАБ-2.

VIII. ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ

8.1. Результатом решения данной задачи является получение распределения аварийного выброса. Данное распределение используется при решении задач из разделов 9 и 10. Получение распределения аварийного выброса рекомендуется выполнять в несколько этапов:

- определение признаков категорий аварийного выброса;
- присваивание конечных состояний аварийных последовательностей ВАБ-2 уникальных кодов категорий аварийного выброса;
- оценка вероятностей категорий аварийного выброса.

8.2. Категории аварийного выброса рекомендуется определять на основе результатов исследований запроектной аварии (идентичности количества и состава радиоактивного вещества, вышедших в окружающую среду), указанных в п. 6.4 и полученных с помощью программных средств, указанных в п. 6.2.

8.3. Каждая из категорий аварийного выброса характеризуется величиной аварийного выброса[8] и признаками категорий аварийного выброса, которые определяются в два этапа.

8.3.1. На первом этапе устанавливается соответствие между уникальном кодом категории аварийного выброса и одним из выбранных диапазонов аварийного выброса.[9]

8.3.2. На втором этапе определяются другие признаки КАВ путем установления соответствия признака категории аварийного выброса, определенного на первом этапе, с результатами оценок относительных величин выхода радиоактивного вещества в окружающую среду (для всех расчетных анализов запроектной аварии, указанных в п. 6.4). Например, могут быть использованы следующие признаки категорий аварийного выброса:

1) Категории групп ИС или группы ИС:

- открытие и незакрытие предохранительного клапана КД;
- ИС с отказом на закрытие системы изолирующей арматуры герметичного ограждения;
- течи за пределы герметичного ограждения и межконтурные течи;

[8] Величина АВ является основным признаком КАВ.

[9] Величина выброса в окружающую среду для каждого из РВ разбивается на диапазоны, нормированные на начальный изотопный состав активной зоны. Например, в качестве характерных РВ могут рассматриваться изотопы цезия и/или йода.

- все другие ИС.

2) Состояние изолирующей арматуры герметичного ограждения:
- закрыта (герметичное ограждение изолировано);
- открыта (герметичное ограждение не изолировано).

3) Степень герметичности герметичного ограждения:
- герметична;
- негерметична.

4) Момент времени нарушения герметичности герметичного ограждения:
- ранняя фаза запроектной аварии;
- основная фаза запроектной аварии;
- заключительная фаза запроектной аварии.

5) Работоспособность систем[10], обеспечивающих подачу теплоносителя в реактор после разрушения корпуса реактора:
- работоспособны;
- не работоспособны.

6) Работоспособность спринклерной системы герметичного ограждения в режиме работы от приямков:
- работоспособна;
- не работоспособна.

7) Момент времени начала выбросов радиоактивного вещества в окружающую среду:
- выбросы в окружающую среду до некоторого момента времени [11];
- выбросы в окружающую среду после некоторого момента времени.[12]

8) Место расположения (высотная отметка) повреждения герметичного ограждения.

Признаки категорий аварийного выброса могут быть уточнены при наличии соответствующего обоснования, и/или с учетом особенностей проекта рассматриваемой АС и набора систем, влияющих на состав, величину и вероятность аварийного выброса.

8.4. Присваивание уникальных кодов категорий аварийного выброса конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ-2, выполняется на основе сходности логически и/или физически возможных комбинаций признаков категорий аварийного выброса, указанных в п. 8.3.

8.5. Определение вероятностей категорий аварийного выброса для каждого из состояний с повреждением источника радиоактивности осуществляется с помощью программного средства, использованного для моделирования аварийных последовательностей ВАБ-2.

8.6. Количественные расчеты [13] (оценка вероятностей реализации категорий аварийного выброса) рекомендуется выполнять итеративно, изменяя ограничения на вероятность неучитываемых (отсеянных) минимальных сечений до тех пор, пока разница в оценке вероятности категории аварийного выброса 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 аварийного выброса для всех СПИР, рассматриваемых в ВАБ-2.

8.7. Все условия и данные, учтенные при выполнении количественных расчетов, документируются для обеспечения возможности воспроизведения полученных результатов. В документации по ВАБ-2 представляются все количественные данные (вероятности СПИР, показатели надежности, условные вероятности событий запроектной аварии, вероятности ошибок персонала, "особые события", "условные события" и т. д.), используемые в модели ВАБ-2 при выполнении количественных расчетов, а также информацию о способах учета зависимостей в модели ВАБ-2.

8.8 Построение распределения аварийных выбросов заключается в оценке вероятности реализации для каждой из категорий аварийного выброса. Вероятность категории аварийного выброса определяется по следующей формуле:

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

---

[10] При наличии нескольких систем, подача теплоносителя в реактор от которых возможна после разрушения корпуса реактора, следует рассматривать состояния каждой из систем в виде отдельных признаков.

[11] Например, до момента проплавления бетонной шахты реактора (при отсутствии проплавления бетонной шахты реактора, указанный признак может не учитываться).

[12] Например, после проплавления бетонной шахты реактора.

[13] Выполняются с помощью программных средств, использованных при разработке моделей аварийных последовательностей ВАБ-2.

где:

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

N – количество категорий аварийных выбросов;

m – количество СПИР;

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

$C(m, n)$ – условная вероятность выброса категории n для состояния с повреждением источника радиоактивности m. Определяется путем деления значения вероятности категории аварийного выброса n на значение вероятности СПИР m.

8.9. Каждой категории аварийного выброса, характеризующейся одним из диапазонов аварийного выброса (см. п.8.3.1), ставятся в соответствие результаты расчетов с максимальными относительными величинами выбросов в окружающую среду радиоактивного вещества (из спектра расчетов, для которых выбросы радиоактивного вещества попали в диапазон выбросов, характеризующих данную категорию аварийного выброса). Количество радиоактивного вещества, вышедших в окружающую среду и оцененных в расчетном анализе, указанном выше, является характеристикой категории аварийного выброса.

8.10. При построении распределения аварийного выброса допускается использовать иные, отличные от приведенных выше, методы. При этом представляется детальное описание используемых методов.

IX. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ

9.1. Назначением данной задачи является определение доз облучения населения на различных расстояниях от герметичного ограждения для каждой из категорий аварийного выброса. Рассматриваемые расстояния от герметичного ограждения определятся целями ВАБ-2.

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

9.3. В качестве начальных условий для анализов последствий аварий, обусловленных категорией аварийного выброса, следует использовать результаты расчетных анализов запроектной аварии, назначенных для категории аварийного выброса (см. п.8.9).

9.4. На различных расстояниях от герметичного ограждения [14], включая границу зоны планирования защитных мероприятий, производится оценка доз облучения населения (см. п.6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99)) для каждой из категорий аварийного выброса.

X. ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВАБ-2

10.1. В отчетной документации по ВАБ-2 представляются выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2, при этом приводятся:

- оценка соответствия уровня безопасности энергоблока АС установленным вероятностным показателям безопасности;
- результаты анализа значимости (перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на распределение аварийных выбросов);
- результаты анализа чувствительности и неопределенностей [15];
- выводы и рекомендации по результатам ВАБ-2.

10.2. Оценка уровня безопасности энергоблока АС проводится путем установления соответствия / не соответствия суммарной вероятности категорий аварийного выброса целевому ориентиру по вероятности предельного аварийного выброса, установленной в п. 1.2.17 ОПБ-88/97 и равной $1 \cdot 10^{-7}$. Учитываются только те категории аварийного выброса, которые характеризуются превышением доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий, указанных в п. 6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99) (см. п.9.4).

10.3. 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-2:

---

[14] Необходимость определения доз облучения населения на различных расстояниях от ГО (отличных от границы ЗПЗМ) устанавливается разработчиком ВАБ-2.

[15] Следует стремиться к тому, чтобы неопределенности анализа существенно не влияли на технические выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2.

- аварийные последовательности (минимальные сечения);
- СПИР;
- отказы элементов и систем;
- события запроектной аварии;
- ошибки персонала.

10.4. Анализы значимости рекомендуется выполнять для всех категорий аварийного выброса, для которых в соответствии с п. 10.2 установлено превышение дозовых пределов облучения населения.

10.5. Анализ значимости выполняется с использованием методов, основанных на оценке снижения (увеличения) вероятности категории аварийного выброса при постулировании максимально (минимально) возможной вероятности реализации событий, соответствующих указанным в п.10.3 элементам логико-вероятностных моделей ВАБ-2.

10.6. Результатом анализа чувствительности оценивается влияние на полученные результаты различных факторов, идентифицированных при разработке ВАБ-2, с учетом их зависимости от принятых допущений.

Анализ чувствительности рекомендуется проводить для следующих факторов:

- элементов логико-вероятностных моделей (аварийные последовательности, СПИР, отказы элементов и систем, события запроектной аварии, ошибки персонала и др.);
- принятых допущений;
- мероприятий, рекомендованных к реализации в проекте АС на основании результатов ВАБ-2.

При анализе чувствительности к принятым допущениям рекомендуется рассматривать:

- все принятые допущения и упрощения, влияющие на результаты ВАБ-2;
- технические обоснования принятых допущений, включая ссылки на использованные анализы, мнение экспертов или нормативные документы и требования.

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

10.8. В результате анализа чувствительности оценивается степень зависимости результатов ВАБ-2 от принятых допущений и подходов анализа.

10.9. Результатом анализа неопределенностей является оценка неопределенности (вероятностное распределение) суммарной вероятности категорий аварийного выброса, характеризующихся превышением доз облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий (см. п.10.2) в зависимости от характеристик неопределенности различных факторов, поддающихся статистической (вероятностной) оценке.

10.10. При выполнении анализа неопределенностей рекомендуется рассматривать по крайней мере параметрическую неопределенность вероятностных характеристик основных элементов модели ВАБ-2, перечисленных в п. 10.3.

XI. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВАБ-2

11.1. В отчетной документации по ВАБ-2 приводятся сведения, содержащие результаты выполнения всех основных задач ВАБ-2.

11.2. Представляется информация о подходах, используемых при формировании перечня СПИР, их краткую характеристику, вероятность реализации и вклад в вероятность повреждения активной зоны. В отчетной документации в графическом виде представляется модель, используемая для преобразования результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2.

11.3. Представляется информация о результатах анализа систем, включающего описания систем, модели надежности (в графическом виде), количественные оценки.

11.4. В отчетной документации представляется перечень базовых событий модели ВАБ-2.

11.5. Представляется информация о полученном распределении аварийного выброса (название категории аварийного выброса, краткая характеристика КАВ, вероятность категории аварийного выброса, вклад КАВ в кумулятивную вероятность категории аварийного выброса)

11.6. Представляется информация о наиболее значимых аварийных последовательностей (АП)[16] по результатам количественного анализа для каждой рассмотренной категорий аварийного выброса. Для категорий аварийного выброса, характеризующихся отказом герметичного ограждения, следует указать основные причины повреждения герметичного ограждения.

[16] К значимым АП рекомендуется относить АП, вносящие в совокупности не менее 99% вклада в итоговое значение вероятности КАВ. Незначимыми являются АП суммарный вклад в общую оценку от которых в вероятность КАВ, составляет менее 1%.

11.7. Информация о выбросах радиоактивного вещества в окружающую среду представляется в графическом и/или табличном виде для всех категорий аварийного выброса. При этом приводится описание наиболее значимых вкладчиков категорий аварийного выброса с точки зрения величин выхода радиоактивного вещества в окружающую среду.

11.8. Представляется информация о дозах облучения населения на различных расстояниях от герметичного ограждения, включая границу зоны планирования защитных мероприятий с соответствующими пояснениями (для всех категорий аварийного выброса).

11.9. В отчетной документации по ВАБ-2 излагаются выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2, включая:

- оценку уровня безопасности энергоблока АС;
- перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на распределение аварийных выбросов, оценку влияния неопределенностей на выводы и рекомендации ВАБ-2 [17];
- оценку достижения целей, поставленных при выполнении ВАБ-2.

11.10. Следует описывать и интерпретировать результаты, полученные при анализах значимости, чувствительности и неопределенностей.

11.11. Приводятся разработанные по результатам ВАБ-2 рекомендации по повышению уровня безопасности энергоблока АС, включая технические и организационные меры по управлению запроектной аварией.

Приложение

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СОСТАВ ОТЧЕТА ПО ВАБ-2

1. Цели и объем ВАБ-2

Приводятся следующие сведения:

1) Цели ВАБ-2.

2) Объем исследований.

3) Данные о ВАБ-1, на основе результатов которых будет разрабатываться ВАБ-2 (рассмотренные источники радиоактивности, ИС, эксплуатационные состояния), информация о моменте времени (дате), на который получены результаты ВАБ-1, информация о моменте времени (дате) проведения экспертизы и приемлемости органом государственного регулирования безопасности ВАБ-1.

4) Задачи, решаемые в рамках ВАБ-2.

5) Общие допущения и упрощения, принятые в анализе.

2. Краткое описание АС

Приводится краткая информация о площадке размещения АС, РУ, первом и втором контурах, контроле и управлении блоком, системах основного и аварийного электроснабжения, системах охлаждения основного оборудования, системах, участвующих в выполнении функций безопасности, и системах, выполняющих функции по управлению запроектной аварией. Приводятся ссылки на соответствующие источники, содержащие более детальную информацию.

3. Описание методик, руководств и компьютерных программ

Приводятся краткие характеристики методик, руководств и компьютерных программ, используемых для:

- преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2;
- анализа надежности систем, включая моделирование межсистемных и внутрисистемных зависимостей и отказов общего вида и оценку показателей надежности элементов систем и характеристик неготовности оборудования из-за испытаний, технического обслуживания и ремонта;
- оценок нагрузок на герметичное ограждение;
- анализа запроектной аварии;
- моделирования аварийных последовательностей ВАБ-2;
- моделирования действий персонала по управлению запроектной аварией, учитываемых в различных задачах ВАБ-2;

[17] Следует стремиться к тому, чтобы неопределенности анализа существенно не влияли на технические выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2.

- анализа зависимостей на уровне событий запроектной аварии, учитываемых в различных задачах ВАБ-2;
- построения распределения аварийного выброса;
- определения радиационных последствий аварий;
- анализа, интерпретации и представления результатов ВАБ-2, включая анализы неопределенности, чувствительности и значимости.

В кратких характеристиках методик, руководств и компьютерных программ, используемых для выполнения каждой из вышеперечисленных задач, приводятся ссылки на соответствующие источники, содержащие более детальную информацию.

4. Краткое описание особенностей энергоблока АС

4.1. Приводится краткая информация о реакторе (тип, тепловая мощность, тип теплоносителя и замедлителя, общий объем первого контура), ТВС (материал ядерного топлива, материал оболочек твэлов, материал оболочек ТВС, общая масса ядерного топлива, общая масса материала оболочек твэлов, общая масса материала чехлов ТВС), герметичном ограждении (свободный объем, проектное давление, среднее давление разрушения).

4.2. Приводится сравнительный анализ характеристик, важных при запроектной аварии исследуемого энергоблока с характеристиками аналогичного (близкого по проекту) энергоблока, для которого выполнен ВАБ-2 [18]. Сравнительный анализ проводится для следующих характеристик:

- отношение свободного объема герметичного ограждения к мощности реактора;
- отношение объема первого контура к мощности реактора;
- отношение массы топлива к свободному объему герметичного ограждения;
- максимальная масса водорода при 100% окислении Zr;
- максимальная концентрация водорода в герметичном ограждении при 100% окислении Zr;
- максимальное давление в герметичном ограждении при адиабатическом горении водорода;
- отношение давления в герметичном ограждении при адиабатическом горении водорода к проектному давлению в герметичном ограждении;
- отношение давления в герметичном ограждении при адиабатическом горении водорода к среднему давлению повреждения герметичного ограждения.

4.3. Приводятся характеристики шахты реактора, помещений, расположенных под шахтой реактора, и систем важных при развитии запроектной аварии (спринклерных систем, системы локализующей арматуры герметичного ограждения и т.п.).

4.4. В отчетной документации ВАБ-2 приводятся также другие краткие сведения о проекте энергоблока АС, необходимые для решения задач ВАБ-2.

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

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2», в частности:

- обоснование выбора признаков СПИР, содержащее объяснение влияния каждого из выбранных признаков на один из факторов, указанных в п. 3.3;
- перечень признаков СПИР, принятых для определения СПИР;
- обоснование работоспособности систем в условиях запроектной аварии, условия и режимы работы которых определены как признаки СПИР;
- анализ по выявлению систем, рассматриваемых в ВАБ-2 и требующих разработки/доработки их логических моделей;
- анализ по определению СПИР на основе физически и/или логически возможных комбинаций признаков СПИР;
- перечень и идентификаторы всех СПИР, установленные в результате анализа, в матричном или графическом виде. Для каждого СПИР приводятся его характеристики;
- СПИР, исключенные из дальнейшего рассмотрения с обоснованием причин их исключения;
- анализ по определению вероятностей реализации СПИР, содержащий описание использованного подхода (см. п. 3.11). При разработке промежуточных логико-вероятностных моделей приводятся перечни всех минимальных сечений, сгруппированных на основе признаков СПИР и не требующих анализа на уровне минимальных сечений.

[18] При наличии информации.

При разработке промежуточных или расширенных логико-вероятностных моделей указываются все допущения моделирования.

6. Анализ систем

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Анализ надежности систем».

6.1. Для систем, анализ надежности которых может быть выполнен методами ВАБ-1, в данной главе приводятся сведения, указанные в разделе 6 приложения 2 РБ-024-02, с учетом особенностей задач ВАБ-2.

6.2. В данной главе приводятся следующие данные:

- анализ, содержащий определение систем, функционирование которых следует учитывать при выполнении ВАБ-2. Перечень систем, принятых для анализа в ВАБ-2;
- перечень систем, требующих разработки логико-вероятностных моделей методами ВАБ-1, с учетом систем, выявленных на этапе определения СПИР.

6.3. Для систем, анализ которых не может быть выполнен методами ВАБ-1, в данной главе приводятся следующие сведения:

- метод учета функционирования систем в ВАБ-2 (построение распределения типа «вероятность отказа – нагрузка», моделирование в рамках анализа запроектной аварии, моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2 и т.п.);
- описание назначения систем;
- описание функций и конфигураций систем для выполнения различных функций;
- описание режимов работы систем при нормальной эксплуатации, возникновении ИС, запроектной аварии;
- состав систем и их связи с другими системами;
- описание действий персонала по управлению и обслуживанию систем;
- технологические или структурные схемы систем.

6.4. Для всех систем, анализируемых в ВАБ-2, приводятся обоснованные критерии успеха.

6.5. Для системы герметичного ограждения приводятся следующие сведения:

- все необходимые исходные данные для разработки модели герметичного ограждения (геометрия облицовки и оболочки и т. п.);
- описание конечно-элементной модели герметичного ограждения;
- анализ напряженно-деформированного состояния герметичного ограждения, результаты и выводы анализа;
- анализ построения зависимости вероятности разрушения герметичного ограждения от внутреннего давления, включая нерегулярные зоны (шлюзы, проходки и т. д.), результаты анализа (зависимости «вероятность нарушения герметичности – внутреннее давление» и выводы анализа.

7. Оценка нагрузок на герметичное ограждение

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Оценка нагрузок на герметичное ограждение», в том числе:

- перечень возможных событий запроектной аварии, которые могут обусловить нарушение герметичности герметичного ограждения;
- описание всех выявленных событий запроектной аварии;
- методы определения нагрузки на герметичное ограждение, обусловленной событием запроектной аварии (для каждого из событий запроектной аварии, для каждой из фаз запроектной аварии, для каждого из СПИР).
- описание расчетных моделей, использованных для оценки нагрузок на герметичное ограждение;
- анализ и результаты оценок нагрузок на герметичное ограждение (для каждого из событий запроектной аварии, для каждой из фаз запроектной аварии, для каждого из СПИР);
- анализ и результаты оценок вероятности нарушения герметичности герметичного ограждения (для каждого из событий запроектной аварии, для каждой из фаз запроектной аварии, для каждого из СПИР).

8. Анализ запроектных аварий

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Анализ запроектных аварий», в том числе:

1) Обоснование выбора программного средства/программных средств для выполнения расчетных анализов запроектных аварий.

2) Описание расчетных моделей (реактор, активная зона, изотопный состав активной зоны, системы, помещения герметичного ограждения и т.д.), использованных при анализе запроектных аварий.

3) Сведения о верификации расчетных моделей.

4) Результаты анализов запроектных аварий для каждого СПИР и для каждой из фаз развития запроектной аварии при постулируемом размере и месте повреждения герметичного ограждения, включающие:

- название и версию программного продукта, использованного для анализа запроектных аварий;
- название расчетного анализа запроектной аварии, включая идентификатор расчетного анализа ЗПА;
- описание целей расчетного анализа запроектной аварии;
- описание начальных и граничных условий (перечень постулируемых отказов, момент времени прекращения расчета и т. п.);
- детальную хронологию запроектной аварии (начало аварии, моменты времени срабатывания систем, моменты времени повреждения оборудования, моменты времени разгерметизации твэл, моменты начала плавления твэл, моменты времени событий запроектной аварии и т. п.);
- моменты времени наступления для каждой из фаз запроектной аварии;
- значения важных для оценки нагрузок на герметичное ограждение параметров (давление и температуры в герметичном ограждении, общую массу водорода и окиси углерода, давление в РУ перед разрушением днища реактора и т. п.) для рассматриваемых фаз запроектной аварии.
- количественное распределение рассматриваемых радиоактивных веществ в первом контуре, помещениях герметичного ограждения, окружающей среде;
- детальное описание развития запроектной аварии;
- рисунки с динамикой следующих параметров[19]:
  - тепловой мощности реактора;
  - уровня теплоносителя в КД (несколько временных диапазонов);
  - расхода от насосов САОЗ (для каждого из насосов и суммарный расход для группы насосов подсистем САОЗ);
  - расход воды от спринклерных систем;
  - расхода теплоносителя через разрыв;
  - расход среды через паросбросные устройства РУ;
  - расхода теплоносителя из барботажного бака;
  - массы воды в КД;
  - мощность, отводимая системой пассивного отвода тепла;
  - мощность отводимая системой аварийного расхолаживания ПГ;
  - расхода воды от гидроаккумуляторов;
  - массы теплоносителя в активной зоне;
  - температура воды в приямке;
  - температура теплоносителя на входе и выходе активной зоны (воды, пара, прогазовой смеси);
  - температура металла горячих ниток главных циркуляционных трубопроводову, дыхательного трубопровода КД, трубчатки ПГ (несколько точек по толщине и высоте);
  - температуры оболочек твэл (для различных высотных и радиальных отметок);
  - температуры опорной плиты активной зоны;
  - температуры разрушенных компонент активной зоны;
  - массы теплоносителя в напорной камере и опускном участке;
  - температуры внешней поверхности днища реактора;
  - давление в герметичном ограждении (несколько временных диапазонов);
  - температуры среды в герметичном ограждении;
  - мольных долей газов атмосферы герметичного ограждения (несколько временных диапазонов и несколько рисунков);
  - аксиальной эрозии бетонного пола шахты реактора;

[19] Перечень рисунков, содержащих динамику параметров, может быть расширен. Допускается не представлять рисунки с динамикой параметров из приведенного списка, расчет которых не выполняется используемыми для анализа запроектных аварий программными средствами.

- радиальной эрозии бетонных стен шахты реактора;
- общей массы образовавшегося водорода (несколько временных диапазонов);
- общей массы образовавшейся окиси углерода (несколько временных диапазонов);
- расхода среды через проектную неплотность герметичного ограждения;
- расхода среды через разрыв герметичного ограждения;
- массы радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду – для каждого из радиоактивного вещества, рассмотренных при анализе запроектной аварии, приводится отдельный рисунок.

- заключение и выводы расчетного анализа запроектной аварии.

5) Обоснование выбора размера и места повреждения герметичного ограждения для каждой из характерных фаз запроектной аварии (допускается проводить и представлять обоснование для одного из СПИР[20], характеризующегося наиболее быстрым выходом радиоактивного вещества в помещения герметичного ограждения и в наибольших количествах).

6) Матрица расчетных анализов, содержащая название СПИР, фазы запроектной аварии, название расчетного анализа, идентификатор расчетного анализа.

9. Моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2», в том числе для каждого СПИР приводятся следующие сведения:

- описание развития аварии от ИС до конечных состояний с выходом радиоактивного вещества в окружающую среду с указанием на расчетное исследование;
- допущения, принятые при разработке аварийных последовательностей ВАБ-2;
- описание и обоснование выбора и содержания функциональных событий, указанных в п. 7.7 и использованных для разработки аварийных последовательностей ВАБ-2, с указанием детальных ссылок на расчетные анализы данного ВАБ-2 или на другие источники информации;
- обоснование условных вероятностей функциональных событий, указанных в п. 7.7 и использованных для разработки аварийных последовательностей ВАБ-2, с указанием детальных ссылок на места в документации разрабатываемого ВАБ-2 или на другие источники информации;
- описание и обоснование принятых для анализа конечных состояний [21];
- аварийные последовательности ВАБ-2 в графическом виде;
- детальное описание зависимостей между функциональными событиями аварийных последовательностей ВАБ-2, в том числе описание реализации зависимостей в среде программного средства, использованного для разработки логико-вероятностных моделей ВАБ-2.

10. Построение распределения аварийных выбросов

10.1. Приводится информация о результатах выполнения задачи «Построение распределения аварийного выброса» для каждого СПИР приводятся следующие сведения:

- обоснование выбора признаков категорий аварийного выброса (на основе расчетных анализов запроектных аварий, характеризующих конкретный диапазон аварийных выбросов);
- описание всех категорий аварийного выброса, включающее диапазон выбросов радиоактивного вещества в окружающую среду, и описание признаков категорий аварийного выброса;
- результаты оценок вероятности реализации категорий аварийного выброса с описанием всех значимых Аварийные последовательности (из ВАБ-2), которые вошли в категории, возможные для данного СПИР.

10.2. Приводится матрица категорий аварийного выброса, указанная в таблице 10.1. Приводится анализ результатов, представленный в матрице категорий аварийного выброса, включая анализ основных вкладчиков в категорий аварийного выброса.

---

[20] За исключением СПИР, характеризующихся признаками нарушения герметичности ГО.

[21] Присваивание уникальных кодов конечным состояниям аварийных последовательностей деревьев событий ВАБ-2 выполняется при построении распределения аварийных выбросов (см. раздел 10 приложения).

Таблица 10.1

Матрица категорий аварийных выбросов

Идентификатор или номер СПИР	Условные вероятности категорий аварийного выброса (КАВ)						Вероятность СПИР, 1/реактор·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 КАВ по всем СПИР (См. раздел 8.8)	*R*(1)	*R*(2)	-	*R*(*n*)	-	*R*(*N*)	

10.3. Приводятся сведения о назначении результатов расчетных анализов для каждой из категорий аварийного выброса (каждой категории аварийного выброса ставится в соответствие идентификатор расчета – см. п.6 раздела 8 приложения).

11. Определение радиационных последствий аварий

Приводится информация о результатах выполнения задачи «Определение радиационных последствий аварий», в том числе:

- обоснование выбора программного средства/программных средств для выполнения анализов последствий аварий;
- описание расчетной модели, использованной при расчете доз облучения населения;
- описание исходных данных, использованных при анализе последствий аварий;
- результаты анализов последствий аварий для каждой категории аварийного выброса (дозы облучения населения на различных расстояниях от герметичного ограждения, включая границу зоны планирования защитных мероприятий) и обсуждение полученных результатов;
- приводится информация о категориях аварийного выброса (включая вероятность категорий аварийного выброса), которая характеризуются превышением доз облучения населения (на границе зоны планирования защитных мероприятий), установленных в п. 6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99). Приводится кумулятивная вероятность указанных выше категорий аварийного выброса.

12. Анализ, интерпретация и представление результатов ВАБ-2

12.1. Представляются следующие данные:

- информация о всех СПИР, включая их краткую характеристику, вероятность реализации и вклад в вероятность повреждения активной зоны;
- информация о полученном распределении АВ (название категорий аварийного выброса, краткая характеристика, вероятность, вклад в кумулятивную вероятность категорий аварийного выброса).

Для каждой категории аварийного выброса приводится описание феноменологии. Приводятся наиболее значимые категории аварийного выброса и наиболее значимые СПИР, обусловившие категории аварийного выброса. Для наиболее значимых СПИР приводятся наиболее значимые аварийные последовательности из ВАБ-1, обусловившие СПИР. Приводится анализ полученных результатов.

В табличной форме для каждой категории аварийного выброса приводится следующая информация:

а) момент времени начала выбросов радиоактивного вещества в окружающую среду;

б) продолжительность выбросов радиоактивного вещества;

в) вероятность КАВ;

г) условная вероятность реализации КАВ;

д) относительные величины [22] выхода в окружающую среду всех рассмотренных в анализе радиоактивного вещества.

Для каждой категории аварийного выброса В приводятся дозы облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий. Для всех КАВ на границе зоны планирования защитных мероприятий в соответствии с п. 9.4 представляются данные о превышении или отсутствии превышений доз облучения населения, указанных в п. 6.7 «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99).

Приводятся наиболее значимые категории аварийного выброса с точки зрения дозы облучения населения. Приводится анализ полученных результатов.

12.2. Представляется описание и интерпретация результатов, полученных при анализах неопределенности и чувствительности:

- результаты анализа неопределенности с указанием основных источников неопределенности;
- результаты анализа чувствительности к различным факторам наиболее значимых СПИР и условных вероятностей событий запроектной аварии.

12.3. Представляется информация, полученная при анализе значимости.

- индивидуальная значимость:
  - а) отдельных СПИР;
  - б) аварийных последовательностей, обусловивших СПИР;
  - в) событий запроектных аварий.

12.4. Представляются выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2:

- оценка уровня безопасности блока АС;
- перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на распределение аварийных выбросов;
- оценка достижения целей, поставленных в ВАБ-2.

12.5. Приводятся рекомендации по повышению уровня безопасности блока АС, разработанные на основе полученных выводов. Приводятся мероприятия по управлению запроектными авариями, сформулированные на основе полученных выводов, которые снижают последствия аварий.

[22] Нормированные на начальное количество радиоактивных веществ, содержащихся в активной зоне на момент ИС.

gost.e-ecolog.ru