Руководства по безопасности

в области использования атомной энергии

ПОЛОЖЕНИЕ ОБ ОСНОВНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЯХ К РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ ТИПА РБМК

РБ – 068 – 11

НТЦ ЯРБ

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 22 декабря 2011 г. № 729

ПОЛОЖЕНИЕ ОБ ОСНОВНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЯХ К РАЗРАБОТКЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ УРОВНЯ 2 АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ ТИПА РБМК (РБ-068-11)

Введено в действие
с 22 декабря 2011 г.

Москва 2011

Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК (РБ-068-11)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Москва, 2011

Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

Положение содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по выполнению вероятностного анализа безопасности уровня 2 блока атомной станции с реакторами типа РБМК. Выполнение данных рекомендаций направлено на соблюдение современных требований к качеству вероятностного анализа безопасности уровня 2, которое подтверждается экспертизой. Положение содержит рекомендации по определению целей, объема, порядка выполнения вероятностного анализа безопасности уровня 2, вероятностных показателей безопасности, способов использования полученных результатов при проведении комплексных качественных и количественных оценок уровня безопасности действующих и проектируемых атомных станций с реакторами типа РБМК.

Выпускается впервые[1]

[1] Разработано коллективом авторов в составе Г.И. Самохин, Д.Е. Носков, И.Р. Сахибзадинова, О.И. Морозова (ФБУ «НТЦ ЯРБ»), Е.А. Шиверский, А.В. Голубков (ОАО «Ордена Ленина НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля»).

I. Общие положения

1. Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК (далее - Положение) входит в число руководств по безопасности, носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

2. Настоящее Положение содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по выполнению вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК. Выполнение данных рекомендаций направлено на соблюдение современных требований к качеству вероятностного анализа безопасности уровня 2 (далее - ВАБ-2), которое подтверждается экспертизой.

Используемые термины и определения приведены в приложении № 1 к настоящему Положению.

3. ВАБ-2 выполняется с целью определения соответствия/несоответствия суммарной вероятности категорий аварийных выбросов целевому ориентиру по вероятности предельного допустимого выброса, равной $1*10^{-7}$, и выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на последствия аварий.

4. Настоящее Положение содержит рекомендации по определению целей, объема, порядка выполнения ВАБ-2, вероятностных показателей безопасности, способов использования полученных результатов при проведении комплексных

качественных и количественных оценок уровня безопасности действующих и проектируемых атомных станций с реакторами типа РБМК.

5. Рекомендации настоящего Положения могут быть использованы при выполнении ВАБ-2 других объектов использования атомной энергии в том объеме, в каком это оправдано с технической точки зрения.

6. Результаты решения задач ВАБ-2 атомной станции при ее проектировании и эксплуатации рекомендуется использовать для:

1) комплексной, качественной и количественной оценки уровня ядерной и радиационной безопасности блока атомной станции, включая проверку соответствия проекта заданным вероятностным показателям безопасности, и принятия связанных с безопасностью решений на этапах сооружения и эксплуатации атомной станции;

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

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

4) оптимизации проектных решений при проектировании атомной станции;

5) установления 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) зонирования территории вокруг атомной станции.

7. При выполнении ВАБ-2 рекомендуется определять полное множество аварийных последовательностей с аварийным выбросом, оценивать вероятности их реализации, выполнять расчет вероятностного(ых) показателя(ей) безопасности и осуществлять оценку соответствия этих показателей требованиям нормативно-технических документов.

8. Полномасштабный ВАБ-2 атомной станции предусматривает разработку вероятностной модели для:

всех имеющихся на площадке атомной станции источников радиоактивности, включая реакторную(ые) установку(и), отработанное ядерное топливо в бассейне выдержки и хранилище отработанного ядерного топлива, хранилища твердых и жидких радиоактивных отходов;

всех эксплуатационных состояний атомной станции, включая работу на мощности, стояночные режимы для технического обслуживания и ремонтов оборудования, режимы пуска и останова;

внутренних инициирующих событий и инициирующих событий, вызванных внутренними и внешними воздействиями.

9. ВАБ-2 рекомендуется проводить на основе результатов вероятностного анализа безопасности уровня 1 (далее - ВАБ-1) для соответствующих источников радиоактивности, эксплуатационных состояний атомной станции и инициирующих событий. В настоящем Положении в качестве источника радиоактивности рассматриваются твэлы активной зоны реактора.

10. ВАБ-2 рекомендуется выполнять после подтверждения экспертизой качества ВАБ-1.

11. На начальном этапе выполнения ВАБ-2 действующей атомной станции эксплуатирующей организацией (или разработчиком ВАБ-2) составляется программа разработки ВАБ-2, определяющая сроки его выполнения.

12. ВАБ-2 рекомендуется выполнять поэтапно. На первом этапе рекомендуется рассматривать в качестве источника радиоактивности твэлы активной зоны реакторной установки, в качестве инициирующих событий – внутренние инициирующие события, в качестве эксплуатационных состояний атомной станции – режимы работы на мощности с выдачей электроэнергии во внешнюю сеть. На последующих этапах рекомендуется рассматривать другие источники радиоактивности, инициирующие события и эксплуатационные состояния.

13. При выполнении ВАБ-2 решаются следующие задачи:

сбор и обработка исходной информации, необходимой для характеристики энергоблока атомной станции как объекта ВАБ-2, и исходной информации, необходимой для его выполнения;

преобразование результатов вероятностного 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.

14. 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 T (в годах), приведение к одному году осуществляется делением вероятности на величину T.

15. ВАБ-2 рекомендуется выполнять с учётом:

проектно-конструкторской и эксплуатационной документации, отражающей состояние атомной станции на момент начала разработки вероятностного анализа безопасности;

результатов анализов аварийных процессов, проведенных в рамках выполняемого ВАБ-2 и (или) в рамках других исследований;

требований действующих нормативно-технических документов;

документов Международного агентства по атомной энергии.

16. Принятые при выполнении ВАБ-2 ограничения и допущения документируются, обосновываются и не должны

приводить к искажениям показателей безопасности, влияющих на принятие решений на основе результатов ВАБ-2. Степень влияния допущений и ограничений на результаты ВАБ-2 исследуется при анализе чувствительности.

17. Результаты выполнения ВАБ-2 энергоблока атомной станции, включая логико-вероятностную модель, содержащую модели аварийных последовательностей, логические ключи, граничные условия, базовые события с их параметрами, а также полученные в результате расчетов наборы минимальных сечений и их вероятности архивируются и сохраняются в виде, позволяющем воспроизводить анализы.

18. Отчётная документация, разработанная в рамках ВАБ-2, в полном объёме представляется для проведения его экспертизы. По запросу на время проведения экспертизы обеспечивается доступность логико-вероятностной модели ВАБ-2, а также предоставляются любые материалы, на которые имеются ссылки в отчетной документации по ВАБ-2, за исключением материалов, опубликованных в открытой печати.

19. Рекомендуемый состав отчета по ВАБ-2 приведен в приложении № 2 к настоящему Положению.

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

20. В рамках данной задачи производится объединение конечных состояний аварийных последовательностей, характеризующихся повреждением источника радиоактивности, из ВАБ-1 в группы состояний с повреждением источника радиоактивности. Эти группы состояний атомной станции с

повреждением источников радиоактивности формируются исходя из сходности реакции энергоблока по сценарию протекания аварии после повреждения источника радиоактивности (включая воздействие на герметичное ограждение при его наличии и связанные с ним системы и/или количество радиоактивных веществ, вышедших при повреждении источника радиоактивности в окружающую среду), а также по характеру распределения аварийного выброса. Формирование групп состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности и оценка их частот обеспечивают преобразование результатов ВАБ-1 в исходные данные ВАБ-2.

21. Состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности рекомендуется определять на основании рассмотрения множества характерных признаков (атрибутов). При этом рекомендуется группировать конечные состояния атомных станций с повреждением источников радиоактивности со сходными значениями всех характерных признаков.

22. Признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности выбираются таким образом, чтобы каждый из них характеризовал, по крайней мере, один из следующих факторов:

особенности физических процессов, сопровождающих развитие запроектных аварий;

пути выброса радиоактивного вещества в окружающую среду (наличие или отсутствие байпаса герметичного ограждения);

состояние герметичного ограждения (при его наличии) до начала выброса радиоактивного вещества в окружающую среду;

состояние систем энергоблока, оказывающих влияние на процессы в герметичном ограждении (при его наличии), и/или количество радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду при запроектной аварии;

количество и состав радиоактивных веществ, вышедших из источника радиоактивности;

количество и состав радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду.

23. Рекомендуется использовать следующие общие признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности:

категории групп инициирующих событий или группы инициирующих событий (большая течь, малая течь, переходный процесс);

зона возникновения инициирующих событий (помещение или помещения, возникновение инициирующих событий в которых влияет на развитие запроектной аварии);

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

категории повреждения активной зоны (категория повреждения активной зоны типа «A», категория повреждения активной зоны типа «D», содержание категорий повреждения активной зоны типов «A» и «D» определяется в рамках ВАБ-1); возможно определение и других категорий повреждения активной зоны, однако использование данного атрибута при определении состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности является

необязательным, так как степень повреждения активной зоны при запроектной аварии определяется детерминистическими исследованиями;

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

состояние систем отвода тепла из герметичного ограждения (работоспособны/не работоспособны);

состояние систем изолирующей арматуры герметичного ограждения (работоспособны/не работоспособны);

состояние фильтрующих элементов герметичного ограждения;

состояние систем электроснабжения (работоспособны/не работоспособны);

состояние систем, влияющих на герметизацию контура многократной принудительной циркуляции (паросбросных и изолирующих).

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

24. При разработке перечня состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности в качестве характерных признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности учитываются состояние и режим использования следующих систем:

спринклерно-охладительных систем;

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

систем подачи питательной воды;

системы изолирующей арматуры герметичного ограждения;

систем вентиляции герметичного ограждения (вытяжных, приточных, рециркуляционных);

систем фильтрации;

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

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

систем защиты реакторного пространства от превышения давления;

пассивных систем защиты герметичного ограждения от превышения давления.

Различные режимы работы систем (от разных емкостей, различных способах подачи воды) рекомендуется рассматривать в качестве уникальных признаков состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

25. Указанный в пункте 24 настоящего Положения перечень систем может не в полной мере отражать особенности энергоблока атомной станции, поэтому рекомендуется проводить детальный

анализ состояния всех систем энергоблока, которые могут влиять либо на развитие запроектной аварии, либо на целостность герметичного ограждения, либо на количество и состав радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду.

26. Работоспособность и эффективность систем энергоблока в условиях запроектной аварии рекомендуется обосновывать.

27. Для систем, указанных в пунктах 23-25 настоящего Положения, рекомендуется разрабатывать/дорабатывать логико-вероятностные модели, которые включают в себя моделирование обеспечивающих и управляющих систем, необходимых для выполнения функций систем, рассматриваемых в ВАБ-2.

28. Перечень состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности рекомендуется формировать на основе составления физически и/или логически возможных комбинаций характерных признаков, перечисленных в пунктах 23-25 настоящего Положения. Для удобства составления перечня состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности рекомендуется использовать логическую схему, представляемую в графическом или матричном виде.

29. Для группирования конечных состояний аварийных последовательностей из ВАБ-1, характеризующихся повреждением источника радиоактивности, в соответствии признаками состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, указанными в пунктах 23-25 настоящего Положения, и для определения вероятностей реализации состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности рекомендуется проводить специальный анализ, выполняемый с использованием

того же программного средства, которое применялось при выполнении ВАБ-1.

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

Подход 1

а) Конечным состояниям аварийных последовательностей из ВАБ-1, характеризующимся одинаковыми признаками состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, не требующим анализа на уровне минимальных сечений (вид инициирующего события или группы инициирующих событий, состояние контура многократной принудительной циркуляции), присваивается одинаковый уникальный код и выполняется группировка указанных конечных состояний в группы конечных состояний.

б) Выполняется разработка промежуточных логико-вероятностных моделей (например, деревьев событий), инициирующими событиями которых являются группы конечных состояний, а функциональными событиями – остальные признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности. Конечным состояниям промежуточных логико-вероятностных моделей, характеризующимся одинаковыми признаками состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, присваиваются уникальные коды состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

в) Проводится расчет вероятности реализации для каждого из состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, а также формирование набора минимальных

сечений, определяющих каждое состояние атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

Подход 2

а) Выполняется расширение логико-вероятностных моделей ВАБ-1 путём внедрения дополнительных функциональных событий, отвечающих состояниям систем (пункты 24, 25 настоящего Положения).

б) Конечным состояниям расширенных логико-вероятностных моделей, характеризующимся одинаковыми признаками состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности (пункты 24, 25 настоящего Положения), присваиваются уникальные коды состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

в) Проводится расчёт вероятности реализации для каждого из состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, а также формирование набора минимальных сечений, определяющих каждое состояние атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

31. При использовании 1-го подхода конечные состояния аварийных последовательностей из ВАБ-1 группируются с учетом первых четырёх признаков, указанных в пункте 23 настоящего Положения. Функциональными событиями в промежуточных логико-вероятностных моделях являются признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, 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.

32. При использовании 2-го подхода логико-вероятностные модели из ВАБ-1 достраиваются путем включения в модель дополнительных функциональных событий, отражающих признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, указанных в пунктах 24, 25 настоящего Положения. Учет первых четырёх признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, указанных в пункте 23 настоящего Положения, проводится в процессе анализа конечных состояний расширенных логико-вероятностных моделей.

33. Присваивать уникальные коды состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности конечным состояниям аварийных последовательностей логико-вероятностных моделей, разработанным в соответствии с рекомендациями пунктов 31 и 32 настоящего Положения, следует на основе рекомендаций, изложенной в пункте 28 настоящего Положения.

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

35. Не рекомендуется выполнять дальнейший анализ состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, оценённая 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 %.

36. Графическое изображение дополнительных логико-вероятностных моделей или доработанных логико-вероятностных моделей из ВАБ-1 с указанием частот реализации конечных

состояний рекомендуется представлять в составе документации ВАБ-2. Перечень минимальных сечений, определяющих каждое состояние атомной станции с повреждением источников радиоактивности, рекомендуется представлять в составе документации ВАБ-2.

III. Анализ систем

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

38. Рекомендуется проводить анализ всех систем, которые могут повлиять на распространение радиоактивных веществ в реакторной установке и помещениях герметичного ограждения, на возможность удержания радиоактивного вещества в зоне локализации аварии и аварийный выброс.

39. Функции, конфигурации, границы и критерии успеха систем, которые моделировались в рамках ВАБ-1, рекомендуется определять с учётом задач ВАБ-2. Анализ надежности систем, который может быть выполнен методами ВАБ-1, рекомендуется проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными в подразделе «Анализ надёжности систем» Положения об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для внутренних инициирующих событий для всех режимов работы энергоблока атомной станции, утвержденного приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 9 сентября 2011 г. № 519, и с учетом особенностей задач ВАБ-2.

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

41. Интеграцию моделей надежности систем (состояние которых входит в состав признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности) в модели ВАБ-2 рекомендуется проводить при выполнении задач, изложенных в разделах II и VI настоящего Положения.

42. При разработке модели надежности системы герметичного ограждения (элементов герметичного ограждения) рекомендуется рассматривать систему герметичного ограждения (элементы герметичного ограждения) как единое целое (при условии отказа предохранительных устройств герметичного ограждения).

43. 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.

44. Для проектов атомной станции, в которых предусмотрено герметичное ограждение (для действующих атомных станциях с учётом реального состояния герметичного ограждения), для достижения цели, указанной в пункте 43 настоящего Положения, рекомендуется разрабатывать расчетную модель герметичного ограждения, позволяющую оценивать параметры напряженно-деформированного состояния основных элементов герметичного ограждения: бетона, арматуры, элементов преднапряжения (при наличии), облицовки. При разработке данной модели рекомендуется учитывать поведение этих элементов за пределами упругого состояния вплоть до наступления предельных состояний.

Основные этапы и их содержание для анализа систем, рассматриваемых как единое целое, изложены в приложении № 3 к настоящему Положению.

IV. Оценка нагрузок на герметичное ограждение

45. В рамках данной задачи определяются возможные события запроектной аварии, нагрузки на герметичное ограждение, обусловленные этими событиями, и оцениваются вероятности нарушения целостности герметичного ограждения.

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

паровой взрыв технологического канала;

паровой взрыв за пределами реактора;

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

диспергирование разрушенных компонентов активной зоны при их выходе за пределы реактора;

проплавление бетонного пола помещений герметичного ограждения;

реактивные усилия на тепловыделяющей сборке технологического канала;

ударные воздействия вследствие разрушения элементов конструкций в помещениях герметичного ограждения;

повышение давления (включая квазистатическое) в пределах герметичного ограждения, обусловленное различными физическими процессами в нём.

47. Не рекомендуется 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.

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

49. 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 реактора;

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

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

прекращения выброса радиоактивных веществ в окружающую среду обосновываются при разработке ВАБ-2.

Представляется обоснование выбора фаз запроектной аварии.

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

51. Для каждой фазы запроектной аварии (на момент времени, характеризующийся формированием наибольших нагрузок на герметичное ограждение) для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности проводятся оценки нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных событиями запроектной аварии, перечисленными в пунктах 46 и 48 настоящего Положения, и оценки вероятности нарушения целостности герметичного ограждения.

52. Параметры нагрузок на герметичное ограждение, обусловленных реализацией событий запроектной аварии, перечисленных в пунктах 46 и 48 настоящего Положения, рекомендуется определять на основе специального анализа, включающего разработку расчетных моделей, использование результатов экспериментов и ранее полученных результатов для атомных станций аналогичных типов. Использование результатов, полученных для других атомных станций аналогичных типов, рекомендуется обосновывать. В составе документации по ВАБ-2 представляются результаты указанного выше анализа, включая расчётные 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 атомной станции).

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

V. Анализ запроектных аварий

54. В рамках данной задачи происходит сбор максимально полной информации о развитии запроектной аварии, в частности, информации о событиях запроектной аварии, характере изменения теплофизических параметров в реакторной установке и герметичном ограждении, количестве и составе радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду. Результаты, полученные при решении данной задачи, используются в задачах ВАБ-2 из разделов IV, VI и VII настоящего Положения.

55. Исследования запроектной аварии рекомендуется проводить с использованием интегральных программных средств, комплексно описывающих развитие различных процессов (от инициирующего события до аварийного выброса) и событий запроектной аварии.

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

56. При нарушении целостности герметичного ограждения в качестве размера его повреждения, обусловленного событиями запроектной аварии, принимается максимальный характерный

размер его повреждённого элемента (например, при повреждении проходки герметичного ограждения – размер проходки). Размер и место повреждения герметичного ограждения обосновываются.

57. Расчеты запроектной аварии рекомендуется выполнять для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности 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 состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности. При выполнении расчётных анализов учитывается проектная неплотность герметичного ограждения и определяется количество радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду через проектную неплотность.

58. Результаты расчётов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках разрабатываемого ВАБ-2, или результаты расчётов параметров запроектной аварии, выполненных в рамках других исследований и использованных для целей данного ВАБ-2, применимость чего обоснована, рекомендуется представлять в документации по ВАБ-2.

59. В качестве программных средств, используемых для расчетов параметров протекания аварий в реакторной установке и герметичном ограждении, рекомендуется применять программные средства, позволяющие моделировать:

оборудование, материалы, системы, помещения герметичного ограждения атомной станции, 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 других устройств (плавление, перемещение) 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 устройств реактора в расположенные ниже области реактора;

разогрев и разрушение нижних металлоконструкций реактора;

выход разрушенных компонентов активной зоны и устройств реактора в расположенные ниже помещения герметичного ограждения и их взаимодействие с материалами пола помещений герметичного ограждения (эрозия, образование водорода, окиси углерода, выход радиоактивных аэрозолей);

неконденсированные газы в контуре многократной принудительной циркуляции и помещениях герметичного ограждения;

процессы образования и горения водорода и окиси углерода.

60. В качестве программных средств, используемых для оценки количества радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду, рекомендуется применять программные средства, позволяющие моделировать:

выброс радиоактивных веществ из твэлов;

распространение радиоактивных веществ в контуре многократной принудительной циркуляции, включая процессы конденсации, осаждения, агломерации;

распространение радиоактивных веществ за пределы контура многократной принудительной циркуляции, образование радиоактивных веществ в результате процессов взаимодействия разрушенных компонентов активной зоны с бетоном;

перенос и осаждение радиоактивных веществ внутри помещений герметичного ограждения и за пределами герметичного ограждения (процессы гравитационного осаждения, термофореза, диффузиофореза, агломерации аэрозолей и осаждения их на горизонтальных и вертикальных поверхностях);

выброс радиоактивных веществ в окружающую среду.

61. Состав продуктов деления в активной зоне реактора рекомендуется принимать на конец выбранной кампании реактора.

VI. Моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2

62. В рамках данной задачи выполняется разработка моделей аварийных последовательностей, отображающих процессы развития запроектной аварии в пределах герметичного ограждения и/или в прилегающих к герметичному ограждению помещениях энергоблока.

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

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

результаты расчётных анализов, полученные путем выполнения рекомендаций, указанных в пункте 57;

результаты ВАБ-1;

признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

опыт, накопленный при выполнении ВАБ-2;

особенности проекта энергоблока атомной станции;

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

65. Аварийные последовательности ВАБ-2 рекомендуется разрабатывать для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

66. Вероятность событий запроектной аварии рекомендуется обосновывать, а результаты обоснования приводить в отчетной документации по ВАБ-2 для каждого события запроектной аварии.

67. 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.

68. Модели аварийных последовательностей ВАБ-2 разрабатываются с учетом моделирования следующих инициирующих и функциональных событий:

состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности (определяют инициирующие события аварийных последовательностей ВАБ-2);

событий запроектных аварий (функциональные события);

признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, указанных в пунктах 23 – 25 настоящего Положения (функциональные события).

69. Каждое конечное состояние аварийных последовательностей ВАБ-2 соответствует определенной категории аварийного выброса.

70. Присвоение уникальных кодов категорий аварийных выбросов конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ-2 рекомендуется осуществлять на основе признаков категорий аварийных выбросов. Определение категорий аварийных выбросов и их характеристик выполняется при решении задачи вероятностного анализа безопасности «Построение распределения аварийных выбросов».

71. Построение моделей аварийных последовательностей ВАБ-2 рекомендуется осуществлять с учётом 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.

72. Графическое изображение аварийных последовательностей ВАБ-2 для всех состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности и результатами оценок

вероятностей реализации конечных состояний представляется в составе отчётных материалов по ВАБ-2. Перечень минимальных сечений рекомендуется представлять в отчётной документации ВАБ-2.

VII. Построение распределения аварийных выбросов

73. В рамках данной задачи производится построение распределения аварийных выбросов. Данное распределение используется при решении задач из разделов VIII и IX настоящего Положения. Построение распределения аварийных выбросов рекомендуется выполнять в несколько этапов:

определение признаков категорий аварийных выбросов;

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

оценка вероятностей категорий аварийных выбросов.

74. Категории аварийных выбросов рекомендуется определять на основе результатов исследований запроектной аварии (идентичности количества и состава радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду), описанных в пункте 57 настоящего Положения и полученных с помощью программных средств, указанных в пункте 55 настоящего Положения.

75. 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 определяются в два этапа.

76. На первом этапе устанавливается соответствие между уникальным кодом 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).

77. На втором этапе определяются другие признаки категории аварийного выброса путём установления соответствия признака категории аварийного выброса, определённого на первом этапе, результатам оценок относительных масс радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду, полученным при выполнении расчётов запроектных аварий, указанных в рекомендациях пункта 57 настоящего Положения. Например, могут быть использованы следующие признаки категорий аварийного выброса:

категории групп инициирующих событий или группы инициирующих событий:

открытие и незакрытие главного предохранительного клапана или других паросбросных устройств;

инициирующие события с отказом на закрытие системы изолирующей арматуры герметичного ограждения;

течи за пределы герметичного ограждения;

все другие инициирующие события;

состояние изолирующей арматуры герметичного ограждения:

закрыта (герметичное ограждение изолировано);

открыта (герметичное ограждение не изолировано);

степень герметичности герметичного ограждения:

герметична;

негерметична;

момент времени нарушения герметичности герметичного ограждения:

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.

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

78. Присвоение уникальных кодов категорий аварийных выбросов конечным состояниям аварийных последовательностей ВАБ-2 рекомендуется выполнять на основе сходности логически и/или физически возможных комбинаций признаков категорий аварийных выбросов, сформированных в результате выполнения рекомендаций, указанных в пунктах 75-77 настоящего Положения.

79. 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-2.

80. Количественные расчеты (оценка вероятностей реализации категорий аварийных выбросов) рекомендуется выполнять с помощью программных средств, использованных при разработке моделей аварийных последовательностей ВАБ-2, итеративно, изменяя ограничения на вероятность неучитываемых (отсеянных) минимальных сечений до тех пор, пока разница в оценке вероятности категории аварийных выбросов на

окончательном шаге не составит менее 0,1 % от вероятности, оценённой на предыдущем шаге итеративного процесса. Ограничения выбираются таким образом, чтобы обеспечить получение оценок вероятностей категорий аварийных выбросов для всех состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, рассматриваемых в ВАБ-2.

81. Все условия и данные, учтенные при выполнении количественных расчетов, документируются для обеспечения возможности воспроизведения полученных результатов. В документации по ВАБ-2 рекомендуется представлять все количественные данные (вероятности состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, показатели надежности, условные вероятности событий запроектной аварии, вероятности ошибок персонала, «особые события», «условные события»), используемые в модели ВАБ-2 при выполнении количественных расчетов, а также информацию о способах учета зависимостей в модели ВАБ-2.

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

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

где:

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

N – количество категорий аварийных выбросов;

M – количество состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

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 путём деления значения вероятности категории аварийных выбросов *n* на значение вероятности состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности *m*.

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

84. При построении распределения аварийного выброса допускается использовать иные, отличные от приведённых выше, методы. При этом рекомендуется предоставлять детальное описание используемых методов.

VIII. Определение радиационных последствий аварий

85. В рамках данной задачи определяются дозы облучения населения на различных расстояниях от герметичного ограждения для каждой из категорий аварийных выбросов. Расстояния от герметичного ограждения выбираются в зависимости от целей ВАБ-2.

86. 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 учётом метеорологических условий, усреднённых для рассматриваемой площадки атомной станции.

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

88. На различных расстояниях от герметичного ограждения, 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 выброса радиоактивных веществ в окружающую среду (отличных от границы зоны планирования защитных мероприятий) устанавливается разработчиком ВАБ-2.

IX. Оценка уровня безопасности и анализ результатов ВАБ-2

89. В отчетной документации по ВАБ-2 рекомендуется представлять выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2. При этом приводятся:

оценка соответствия уровня безопасности энергоблока атомной станции 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-2);

выводы и рекомендации по результатам ВАБ-2.

90. Оценку уровня безопасности энергоблока атомной станции рекомендуется проводить путём установления соответствия/несоответствия суммарной вероятности категорий аварийных выбросов целевому ориентиру по вероятности предельного допустимого выброса, равной $1*10^{-7}$ на реактор в год. При этом рекомендуется учитывать только те категории аварийных выбросов, которые характеризуются на границе зоны планирования защитных мероприятий превышением дозы облучения населения, установленной в Нормах радиационной безопасности, утверждённых постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47.

91. Результатом анализа значимости является выявление количественных характеристик основных элементов модели ВАБ-2,

в наибольшей степени влияющих на распределение аварийных выбросов. При выполнении анализа значимости рекомендуется рассматривать следующие элементы модели ВАБ-2:

аварийные последовательности (минимальные сечения);

состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

отказы элементов и систем;

события запроектной аварии;

ошибки персонала.

92. Анализ значимости рекомендуется выполнять для всех категорий аварийных выбросов, для которых в соответствии с пунктом 90 установлено превышение дозовых пределов облучения населения.

93. 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 91 настоящего Положения элементам логико-вероятностных моделей ВАБ-2.

94. При помощи результатов 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, состояния атомной станции с повреждением

источников радиоактивности, отказы элементов и систем, события запроектной аварии, ошибки персонала);

принятых допущений;

мероприятий, рекомендованных к реализации в проекте атомной станции 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, мнения экспертов или нормативные правовые акты.

95. Оценки влияния допущений рекомендуется выполнять как индивидуально для каждого допущения, так и в совокупности для всех допущений при консервативном и оптимистичном их рассмотрении.http://www.free-lance.ru/service/shop/?cat=-1&tagp=1&user=VladimirVT&page=17&view=15319gost.e-ecolog.ru

96. При анализе чувствительности оценивается степень зависимости результатов ВАБ-2 от принятых допущений и подходов анализа.

97. 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.

98. При выполнении анализа неопределенностей рекомендуется рассматривать, по крайней мере, параметрическую неопределенность вероятностных характеристик основных элементов модели ВАБ-2, перечисленных в пункте 91 настоящего Положения.

X. Представление результатов ВАБ-2

99. В отчетной документации по ВАБ-2 рекомендуется приводить сведения, содержащие результаты выполнения всех основных задач ВАБ-2.

100. Представляется информация о подходах, используемых при формировании перечня состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, их краткая характеристика, 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.

101. Приводится информация о результатах анализа систем, включающая описания систем, модели надежности (в графическом виде), количественные оценки.

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

103. Приводятся сведения о полученном распределении аварийного выброса (название категории аварийных выбросов, краткая характеристика категории аварийных выбросов, вероятность категории аварийных выбросов, вклад категории аварийных выбросов в кумулятивную вероятность категории аварийного выброса).

104. Представляется информация 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 категорий аварийных выбросов. Незначимыми являются аварийные последовательности, суммарный вклад которых в общую оценку вероятности категории аварийного выброса составляет менее 1 %. Для категорий аварийных выбросов, характеризующихся отказом герметичного ограждения, рекомендуется указывать основные причины повреждения герметичного ограждения.

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

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

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

оценку уровня безопасности энергоблока атомной станции;

перечень выявленных наиболее значимых факторов, существенно влияющих на распределение аварийных выбросов, оценку влияния неопределенностей на выводы и рекомендации ВАБ-2 (рекомендуется стремиться к тому, чтобы неопределенности

анализа не существенно влияли на технические выводы, полученные на основе анализа результатов ВАБ-2);

оценку достижения целей, поставленных при выполнении ВАБ-2.

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

109. Приводятся разработанные по результатам ВАБ-2 рекомендации для повышения уровня безопасности энергоблока атомной станции, включая технические и организационные меры по управлению запроектной аварией.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к Положению об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК, утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № ___

Основные термины и определения

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

Аварийная последовательность вероятностного анализа безопасности уровня 2 – последовательность событий запроектной аварии, начиная от состояния с повреждением источника радиоактивности до конечного состояния с аварийным выбросом (или без него); определение «Повреждение источника радиоактивности» устанавливается в рамках ВАБ-1.

Вероятностный анализ безопасности атомных станций уровня 2 – вероятностный анализ безопасности атомных станций, содержанием которого является разработка вероятностной модели энергоблока(ов) атомной(ых) станции(ий) для определения распределения аварийного выброса и последствий аварий.

Герметичное помещение – помещение атомной станции, расположенное внутри герметичного ограждения (в настоящем документе термин «герметичное ограждение» используется в отношении энергоблоков атомных станций с РБМК (реактор большой мощности канальный), имеющих собственные

герметичные ограждения; для энергоблоков атомных станций с РБМК первого поколения рекомендации, содержащие формулировки о герметичном ограждении, являются не актуальными).

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

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 (например дефлаграционное или детонационное горение водорода).

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

Эксплуатационное состояние атомной станции – состояние атомной станции, характеризующееся набором уникальных признаков (режимы работы, параметры атомной станции, состояние систем).

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к Положению об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК, утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № ___

Рекомендуемый состав отчёта по вероятностному анализу безопасности уровня 2

1. Цели и объем ВАБ-2

В отчете рекомендуется приводить следующие сведения:

1) цели ВАБ- 2;

2) объем исследований;

3) данные о ВАБ-1, на основе результатов которого будет разрабатываться ВАБ-2 (рассмотренные источники радиоактивности, инициирующие события, эксплуатационные состояния), информация о моменте времени (дате), на который получены результаты ВАБ-1, информация о моменте времени (дате) проведения экспертизы и выводах экспертизы;

4) задачи, решаемые в рамках ВАБ-2;

5) общие допущения и упрощения, принятые в анализе.

2. Краткое описание атомной станции

Рекомендуется приводить краткую информацию о площадке размещения атомной станции, реакторной установке, контуре многократной принудительной циркуляции, 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. Также рекомендуется привести ссылки на соответствующие источники, содержащие более детальную информацию.

3. Описание методик и компьютерных программ

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

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

анализа надежности систем, включая моделирование межсистемных и внутрисистемных зависимостей и отказов общего вида, оценку показателей надежности элементов систем, 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;

анализа зависимостей на уровне событий запроектной аварии, учитываемых в различных задачах ВАБ-2;

построения распределения аварийных выбросов;

определения радиационных последствий аварий;

анализа, интерпретации и представления результатов ВАБ-2, включая анализы неопределенностей, чувствительности и значимости.

В кратких характеристиках методик и компьютерных программ, используемых для выполнения каждой из вышеперечисленных

задач, рекомендуется приводить ссылки на документы первоисточники, содержащие детальные сведения о методиках и компьютерных программах.

4. Краткое описание особенностей энергоблока атомной станции

Рекомендуется приводить краткую информацию о реакторе (тип, тепловая мощность, тип теплоносителя и замедлителя, общий объём контура), топливно-выделяющих сборках (материал ядерного топлива, материал оболочек твэлов, материал технологических каналов и графитовой кладки, общая масса ядерного топлива, общая масса материала оболочек твэлов, общая масса материала каналов и графитовой кладки), герметичном ограждении (свободный объём, проектное давление, среднее давление разрушения).

Рекомендуется приводить краткий сравнительный анализ характеристик, важных при запроектной аварии, исследуемого энергоблока с характеристиками аналогичного (близкого по проекту) энергоблока, для которого выполнен ВАБ-2 (при наличии информации). Сравнительный анализ рекомендуется приводить для следующих характеристик:

отношение свободного объема герметичного ограждения к мощности реактора;

отношение объема 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.

Рекомендуется приводить характеристики основных помещений герметичного ограждения (помещения раздаточных групповых коллекторов, барабана-сепаратора, бассейна-барботера) и систем, важных при развитии запроектной аварии (спринклерно-охладительной системы, системы локализующей арматуры герметичного ограждения).

В отчетной документации вероятностного ВАБ-2 рекомендуется приводить также и другие краткие сведения о проекте энергоблока атомной станции, необходимые для решения задач ВАБ-2.

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

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Преобразование результатов вероятностного анализа безопасности уровня 1 в исходные данные вероятностного анализа безопасности уровня 2», в частности:

обоснование выбора признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, содержащее объяснение влияния каждого из выбранных признаков на один из факторов, указанных в пункте 22 Положения об основных

рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК;

перечень признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, принятых для определения состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

обоснование работоспособности систем в условиях запроектной аварии, условия и режимы работы которых определены как признаки состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

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

анализ по определению состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности на основе физически и/или логически возможных комбинаций признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

перечень и идентификаторы всех состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, установленных в результате анализа в матричном или графическом виде (для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности приводятся его характеристики);

состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности, исключенные из дальнейшего рассмотрения с обоснованием причин их исключения;

анализ по определению вероятностей реализации состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, содержащий описание использованного подхода (при разработке промежуточных логико-вероятностных моделей

приводятся перечни всех минимальных сечений, сгруппированных на основе признаков состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности и не требующих анализа на уровне минимальных сечений; при разработке промежуточных или расширенных логико-вероятностных моделей указываются все допущения моделирования).

6. Анализ систем

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Анализ надежности систем».

Для систем, анализ надежности которых может быть выполнен методами ВАБ-1, в данной главе рекомендуется приводить сведения, указанные в Положении об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для внутренних инициирующих событий для всех режимов работы энергоблока атомной станции, утвержденном приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 9 сентября 2011г. № 519.

В данной главе рекомендуется приводить следующие данные:

анализ, содержащий определение систем, функционирование которых рекомендуется учитывать при выполнении ВАБ-2;

перечень систем, принятых для анализа в ВАБ-2;

перечень систем, требующих разработки логико-вероятностных моделей методами ВАБ-1, с учётом систем, выявленных на этапе определения состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

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

метод учёта функционирования систем в ВАБ-2 (построение распределения типа «вероятность отказа – нагрузка», моделирование в рамках анализа запроектной аварии, моделирование аварийных последовательностей ВАБ-2);

описание назначения систем;

описание функций и конфигураций систем для выполнения различных функций;

описание режимов работы систем при нормальной эксплуатации, возникновении инициирующих событий, запроектной аварии;

состав систем и их связи с другими системами;

описание действий персонала по управлению и обслуживанию систем;

технологические или структурные схемы систем.

Для всех систем, анализируемых в ВАБ-2, рекомендуется приводить обоснованные критерии успеха.

Для системы герметичного ограждения рекомендуется приводить следующие сведения:

все необходимые исходные данные для разработки модели герметичного ограждения (например, геометрия облицовки);

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 (например, шлюзы, проходки), результаты анализа зависимости «вероятность нарушения герметичности – внутреннее давление» и выводы анализа.

7. Оценка нагрузок на герметичное ограждение

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Оценка нагрузок на герметичное ограждение», в том числе:

перечень возможных событий запроектной аварии, которые могут обусловить нарушение целостности герметичного ограждения;

описание всех выявленных событий запроектной аварии;

методы определения нагрузки на герметичное ограждение, обусловленной событием запроектной аварии (для каждого события запроектной аварии, для каждой фазы запроектной аварии, для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности);

описание расчётных моделей, использованных для оценки нагрузок на герметичное ограждение;

анализ и результаты оценок нагрузок на герметичное ограждение (для каждого события запроектной аварии, для каждой фазы запроектной аварии, для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности);

анализ и результаты оценок вероятности нарушения герметичности герметичного ограждения (для каждого события запроектной аварии, для каждой фазы запроектной аварии, для

каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности).

8. Анализ запроектных аварий

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Анализ запроектных аварий», в том числе:

обоснование выбора программного(ых) средства(в) для выполнения расчётных анализов запроектных аварий;

описание расчётных моделей (реактор, активная зона, изотопный состав активной зоны, системы, помещения герметичного ограждения), использованных при анализе запроектных аварий;

сведения о верификации расчётных моделей;

результаты анализов запроектных аварий для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности 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 расчётного анализа запроектной аварии, включая идентификатор расчётного анализа запроектной аварии;

описание целей расчётного анализа запроектной аварии;

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

детальную хронологию запроектной аварии (начало аварии, моменты времени срабатывания систем, моменты времени

повреждения оборудования, моменты времени разгерметизации твэлов, моменты начала плавления твэлов, моменты времени событий запроектной аварии);

моменты времени наступления каждой из фаз запроектной аварии;

значения важных параметров для оценки нагрузок на герметичное ограждение (давления и температуры в герметичном ограждении, общей массы водорода и окиси углерода, давления в реакторной установке перед разрушением днища реактора) для рассматриваемых фаз запроектной аварии;

количественное распределение рассматриваемых радиоактивных веществ в контуре многократной принудительной циркуляции, помещениях герметичного ограждения, окружающей среде;

детальное описание развития запроектной аварии;

рисунки с динамикой следующих параметров (перечень рисунков, содержащих динамику параметров, может быть расширен;

допускается не представлять рисунки с динамикой параметров из приведённого списка, расчёт которых не выполняется используемыми для анализа запроектных аварий программными средствами):

тепловой мощности реактора;

уровня теплоносителя в бассейне-барботере (несколько временных диапазонов);

расхода воды от быстродействующей системы аварийного охлаждения реактора, от системы аварийного охлаждения реактора длительного расхолаживания, систем подачи питательной воды;

расхода воды от спринклерно-охладительной системы;

расхода теплоносителя через разрыв;

расхода среды через паросбросные устройства реакторной установки;

температуры воды в бассейне-барботере;

температура теплоносителя на входе и выходе активной зоны (воды, пара, прогазовой смеси);

температуры металла технологических каналов (несколько точек по толщине и высоте);

температуры оболочек твэлов (для различных высотных и радиальных отметок);

температуры металлоконструкций реактора;

температуры разрушенных компонент активной зоны;

давления в герметичном ограждении и/или в негерметичных помещениях (несколько временных диапазонов);

температуры среды в герметичном ограждении и/или в негерметичных помещениях;

мольных долей газов атмосферы герметичного ограждения и/или негерметичных помещений (несколько временных диапазонов и несколько рисунков);

аксиальной эрозии бетонного пола помещений герметичного ограждения;

радиальной эрозии бетонных стен помещений герметичного ограждения;

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 радиоактивных веществ, рассмотренных при анализе запроектной аварии, приводится отдельный рисунок;

заключение и выводы расчётного анализа запроектной аварии;

обоснование выбора размера и места повреждения герметичного ограждения для каждой из характерных фаз запроектной аварии (допускается проводить и представлять обоснование для одного из состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности (за исключением состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, характеризующихся признаками нарушения целостности герметичного ограждения), характеризующегося наиболее быстрым выбросом радиоактивных веществ в помещения герметичного ограждения в наибольших количествах);

матрицу расчетных анализов, содержащую название состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности, фаз запроектной аварии, названия расчётного анализа, идентификаторы расчётных анализов.

9. Моделирование аварийных последовательностей в ВАБ-2

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Моделирование аварийных последовательностей в вероятностном анализе безопасности уровня 2». Для каждого состояния атомной станции с повреждением

источников радиоактивности рекомендуется приводить следующие сведения:

описание развития аварии от инициирующего события до конечных состояний с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду и указанием на расчётное исследование;

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

описание и обоснование выбора и содержания функциональных событий, указанных в пункте 68 Положения об основных рекомендациях к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК и использованных для разработки аварийных последовательностей в ВАБ-2, с указанием детальных ссылок на расчётные анализы данного ВАБ-2 или на другие источники информации;

обоснование условных вероятностей функциональных событий, указанных в пункте 68 Положения об основных рекомендациях к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК и использованных для разработки аварийных последовательностей в ВАБ-2, с указанием прослеживаемых ссылок на документацию разрабатываемого ВАБ-2 или на другие источники информации;

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

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

В данном разделе рекомендуется приводить информацию о результатах выполнения задачи «Построение распределения аварийных выбросов». Для каждого состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности приводятся следующие сведения:

обоснование выбора признаков категорий аварийных выбросов (на основе расчётных анализов запроектных аварий, характеризующих конкретный диапазон аварийных выбросов);

описание всех категорий аварийных выбросов, включающее диапазон выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, и описание признаков категорий аварийных выбросов;

результаты оценок вероятности реализации категорий аварийных выбросов с описанием всех значимых аварийных последовательностей (из ВАБ-2), которые вошли в категории, возможные для данного состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности.

Рекомендуется приводить матрицу категорий аварийных выбросов, указанную в таблице. Приводится описание результатов анализа, полученных при построении матрицы категорий аварийных выбросов, включая объяснение значимых категорий аварийных выбросов.

Таблица

Матрица категорий аварийных выбросов

Идентификатор или номер состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности	Условные вероятности категорий аварийных выбросов (КАВ)						Вероятность состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности, 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 категории аварийного выброса по всем состояниям атомной станции с повреждением источников радиоактивности	R(1)	R(2)	-	R(n)	-	R(N)	-

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

11. Определение радиационных последствий аварий

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

обоснование выбора программного средства/средств для выполнения анализов последствий аварий;

описание расчётной модели, использованной при расчёте доз облучения населения;

описание исходных данных, использованных при анализе последствий аварий;

результаты анализов последствий аварий для каждой категории аварийных выбросов (дозы облучения населения на

различных расстояниях от герметичного ограждения, включая границу зоны планирования защитных мероприятий) и обсуждение полученных результатов;

сведения о категориях аварийных выбросов (включая вероятность категорий аварийных выбросов), которые характеризуются превышением дозы облучения населения, равной 50 мГр за первые 10 суток с начала выброса (на границе зоны планирования защитных мероприятий); приводится кумулятивная вероятность указанных выше категорий аварийных выбросов.

12. Анализ, интерпретация и представление результатов ВАБ-2

В данном разделе рекомендуется представлять следующие данные:

информацию обо всех состояниях атомной станции с повреждением источников радиоактивности, включая их краткую характеристику, вероятность реализации и вклад в вероятность повреждения активной зоны;

информацию о полученном распределении аварийных выбросов (название категорий аварийных выбросов, краткая характеристика, вероятность, вклад в кумулятивную вероятность категории аварийного выброса);

описание феноменологии для каждой категории аварийных выбросов (приводятся наиболее значимые категории аварийных выбросов и наиболее значимые состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности, обусловившие категории аварийных выбросов; для наиболее значимых состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности приводятся наиболее значимые аварийные последовательности из ВАБ-1, обусловившие состояния атомной станции с повреждением источников радиоактивности; приводится анализ полученных результатов).

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

момент времени начала выбросов радиоактивного вещества в окружающую среду;

продолжительность выбросов радиоактивных веществ;

вероятность категории аварийных выбросов;

условную вероятность реализации категории аварийных выбросов;

относительные массы (нормированные на начальную массу продуктов деления, содержащихся в активной зоне на момент инициирующего события) всех рассмотренных в анализе радиоактивных веществ, вышедших в окружающую среду;

дозы облучения населения на границе зоны планирования защитных мероприятий для каждой категории аварийных выбросов.

Для всех категорий аварийных выбросов на границе зоны планирования защитных мероприятий в соответствии с пунктом 88 Положения об основных рекомендациях к вероятностному анализу безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК представляются данные о превышении или отсутствии превышения дозы облучения населения, равной 50 мГр за первые 10 суток с начала выброса.

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

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

результаты анализа неопределенностей с указанием основных источников неопределенности;

результаты анализа чувствительности к различным факторам наиболее значимых состояний атомной станции с

повреждением источников радиоактивности и условных вероятностей событий запроектной аварии.

Рекомендуется приводить информацию, полученную при анализе значимости для:

отдельных состояний атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

аварийных последовательностей, обусловивших состояние атомной станции с повреждением источников радиоактивности;

событий запроектных аварий.

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

оценка уровня безопасности блока атомной станции;

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

оценка достижения целей, поставленных в ВАБ-2.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к Положению об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК, утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № ___

Основные этапы и их содержание для анализа систем, рассматриваемых как единое целое

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

2. На основе результатов расчета параметров напряженно-деформированного состояния рекомендуется определять 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).

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

Положение об основных рекомендациях к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 2 атомных станций с реакторами типа РБМК

РБ-068-11

Официальное издание

Ответственный за выпуск Синицына Т.В.
Компьютерная верстка Зернова Э.П.

Верстка выполнена в ФБУ «НТЦ ЯРБ» в полном соответствии с приложением к приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.09.09 № 820

Подписано в печать 25.01.2012 Формат 60x90/ $^{1}/_{16}$

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

Тираж 500 экз.

Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ». Москва ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5

Телефон редакции 8-499-264-28-53

gost.e-ecolog.ru