Нормативные документы в сфере деятельности
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору



Серия 27
Декларирование промышленной
безопасности и оценка риска

Выпуск 8

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ
«МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ»

2015

gost.e-ecolog.ru

Нормативные документы в сфере деятельности
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору

Серия 27

Декларирование промышленной
безопасности и оценка риска

Выпуск 8

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ «МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ»

Москва
ЗАО НТЦ ПБ
2015

ББК 30н
Р85

Р85 **Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Серия 27. Выпуск 8.** — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015. — 56 с.

ISBN 978-5-9687-0657-7.

Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» разработано в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, регулирующих вопросы безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

В разработке Руководства по безопасности принимали участие А.С. Печеркин, И.А. Кручинина, М.В. Лисанов, В.В. Симакин, Е.В. Ханин, А.И. Гражданкин, Д.В. Дегтярев, А.В. Савина, Е.А. Самусева, Е.А. Агапова, Л.В. Бланк (ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности»), С.И. Сумской (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»), С.А. Жулина, В.В. Козельский, Г.М. Селезнев, И.С. Ясинский (Ростехнадзор).

Руководство по безопасности содержит рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий для обеспечения выполнения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, техническом перевооружении, эксплуатации, консервации и ликвидации опасных производственных объектов.

ББК 30н

ISBN 978-5-9687-0657-7



© Оформление. Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 мая 2015 г. № 188 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» 4

Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»

I. Общие положения 5

II. Общие рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий 6

III. Цель и задачи анализа опасностей и оценки риска аварий 7

IV. Этапы проведения анализа риска аварий 8

V. Рекомендуемые основные и дополнительные показатели опасности аварий 12

VI. Рекомендации по оформлению результатов анализа риска аварий 16

Приложение № 1. Термины и определения 18

Приложение № 2 21

Приложение № 3 22

Приложение № 4. Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования ОПО 23

Приложение № 5. Критерии поражения людей и разрушения технических устройств, зданий и сооружений при авариях на ОПО 26

Приложение № 6. Основные рекомендуемые способы установления степени опасности аварий на ОПО и определения наиболее аварийно-опасных составных частей ОПО 33

Приложение № 7. Дополнительные показатели риска 36

Приложение № 8. Краткая характеристика рекомендуемых методов анализа риска 37

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ (РОСТЕХНАДЗОР)

ПРИКАЗ

13 мая 2015 г. № 188

Москва

Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»

В целях реализации Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401, п р и к а з ы в а ю :

1. Утвердить прилагаемое к настоящему приказу Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

2. Считать не подлежащим применению постановление Федерального горного и промышленного надзора России от 10 июля 2001 г. № 30 «Об утверждении «Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (РД 03-418–01).

Руководитель **А.В. Алёшин**

Приложение

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

«Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (далее — Руководство) разработано в целях содействия соблюдению требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденных приказом Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96 (зарегистрирован Минюстом России 16 апреля 2013 г., регистрационный № 28138) (далее — Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утвержденных приказом Ростехнадзора от 12 марта 2013 г. № 101 (зарегистрирован Минюстом России 19 апреля 2013 г., регистрационный № 28222), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта», утвержденных приказом Ростехнадзора от 15 июля 2013 г. № 306 (зарегистрирован Минюстом России 20 августа 2013 г., регистрационный № 29581), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов», утвержденных приказом Ростехнадзора от 6 ноября 2013 г. № 520 (зарегистрирован Минюстом России 16 декабря 2013 г., регистрационный № 30605), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденных приказом Ростехнадзора от 14 ноября 2013 г. № 538 (зарегистрирован Минюстом России 26 декабря 2013 г., регистрационный № 30855), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производства хлора и хлорсодержащих сред», утвержденных приказом Ростехнадзора от 20 ноября 2013 г. № 554 (зарегистрирован Минюстом России 31 декабря 2013 г., регистрационный № 30968), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов», утвержденных приказом Ростехнадзора от 21 ноября 2013 г. № 559 (зарегистрирован Минюстом России 31 декабря 2013 г., регистрационный № 30995), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к безопасному ведению процессов нитрования», утвержденных приказом Ростехнадзора от 26 декабря 2014 г. № 615 (зарегистрирован Минюстом России 2 апреля 2015 г., регистрационный № 36701), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья», утвержденных приказом Ростехнадзора от 21 ноября 2013 г. № 560 (зарегистрирован Минюстом России 16 декабря 2013 г.,

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

регистрационный № 30606), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденных приказом Ростехнадзора от 19 ноября 2013 г. № 550 (зарегистрирован Минюстом России 31 декабря 2013 г., регистрационный № 30961), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», утвержденных приказом Ростехнадзора от 12 ноября 2013 г. № 533 (зарегистрирован Минюстом России 31 декабря 2013 г., регистрационный № 30992), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности грузовых подвесных канатных дорог», утвержденных приказом Ростехнадзора от 22 ноября 2013 г. № 563 (зарегистрирован Минюстом России 17 января 2014 г., регистрационный № 31036), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденных приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 г. № 116 (зарегистрирован Минюстом России 19 мая 2014 г., регистрационный № 32326), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности», утвержденных приказом Ростехнадзора от 15 октября 2012 г. № 584 (зарегистрирован Минюстом России 29 декабря 2014 г., регистрационный № 26450), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности морских объектов нефтегазового комплекса», утвержденных приказом Ростехнадзора от 18 марта 2014 г. № 105 (зарегистрирован Минюстом России 17 сентября 2014 г., регистрационный № 34077), требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при получении, транспортировании, использовании расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов», утвержденных приказом Ростехнадзора от 30 декабря 2013 г. № 656 (зарегистрирован Минюстом России 15 мая 2014 г., регистрационный № 32271), и иных федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, регулирующих вопросы безопасной эксплуатации опасных производственных объектов (далее — ОПО).

2. Настоящее Руководство содержит рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий для обеспечения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, реконструкции, техническом перевооружении, эксплуатации, консервации и ликвидации опасных производственных объектов и не является нормативным правовым актом.

3. Организации, осуществляющие анализ опасностей и оценку риска аварий, могут использовать иные обоснованные способы и методы, чем те, которые указаны в настоящем Руководстве.

4. В настоящем Руководстве используются термины и определения, приведенные в приложении № 1 к настоящему Руководству.

II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ

5. Анализ опасностей и оценка риска аварий на ОПО (далее — анализ риска аварий) представляет собой совокупность научно-технических методов исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий, включающую плани-

рование работ, идентификацию опасностей аварий, оценку риска аварий, установление степени опасности возможных аварий, а также разработку и своевременную корректировку мероприятий по снижению риска аварий.

6. Анализ риска аварий рекомендуется проводить при разработке:

проектной документации на строительство или реконструкцию ОПО;

документации на техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию ОПО;

декларации промышленной безопасности ОПО;

обоснования безопасности ОПО;

плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;

плана мероприятий по снижению риска аварий и других документов в составе документационного обеспечения систем управления промышленной безопасностью.

7. Настоящее Руководство рекомендуется использовать в качестве основы для разработки отраслевых методических рекомендаций, руководств и методик по проведению анализа риска аварий на ОПО различных отраслей промышленности, транспорта и энергетики. Специальные требования к анализу риска аварий при необходимости рекомендуется дополнять и уточнять в соответствующих руководствах по безопасности, отражающих отраслевую специфику и технологические особенности ОПО.

III. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ

8. Основная цель анализа риска аварий — установление степени аварийной опасности ОПО и (или) его составных частей для заблаговременного предупреждения угроз аварий жизни и здоровью человека, имуществу и окружающей среде; разработка, плановая реализация и своевременная корректировка обоснованных рекомендаций по снижению риска аварий и (или) мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на ОПО, а также мер, компенсирующих отступления от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, при обосновании безопасности ОПО.

9. На различных стадиях жизненного цикла ОПО основная цель анализа риска аварий достигается постановкой и решением соответствующих задач в зависимости от необходимой полноты анализа опасностей аварий, которая определяется условиями разработки декларации промышленной безопасности, специальных технических условий, обоснования безопасности ОПО, отчета о количественной оценке риска аварий и иных документов, использующих результаты анализа риска аварий.

10. На стадии обоснования инвестиций, проектирования, подготовки технической документации или размещения ОПО рекомендуется решать следующие задачи анализа риска аварий:

проведение идентификации опасностей аварий и качественной и (или) количественной оценки риска аварий с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и окружающую среду;

обоснование оптимальных вариантов применения технических и технологических решений, размещения технических устройств, зданий и сооружений, составных частей и самого ОПО с учетом расположения близлежащих объектов производственной и транспортной инфраструктуры, особенностей окружающей местности, а также территориальных зон (охранных, санитарно-защитных, жилых, общественно-деловых, рекреационных);

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

использование сведений об опасностях аварий при разработке стандартов предприятия, инструкций, технологических регламентов и планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;

определение степени опасности аварий для выбора наиболее безопасных проектных решений;

обоснование, корректировка и модернизация организационных и технических мер безопасности;

разработка обоснованных рекомендаций по снижению риска аварий на ОПО и (или) его составных частях.

11. На стадиях ввода в эксплуатацию, консервации или ликвидации ОПО рекомендуется решать следующие задачи анализа риска аварии:

уточнение идентификации опасностей аварий с оценкой вероятности и возможных последствий аварии, актуализация полученных ранее качественных или количественных оценок риска аварий;

уточнение степени опасности аварий и оценка достаточности специальных мер по снижению риска аварии в переходный период.

12. На стадиях эксплуатации, реконструкции или технического перевооружения ОПО рекомендуется решать следующие задачи анализа риска аварии:

уточнение и актуализация данных об основных опасностях аварий, в том числе сведений, представленных в декларации промышленной безопасности ОПО, сведений об оценке максимального возможного количества потерпевших для целей страхования ответственности; технических данных и организационной информации по обследованию технического состояния объекта;

определение и контроль частоты и периодичности диагностирования технических устройств, зданий и сооружений на ОПО, в том числе методами неразрушающего контроля;

проведение мониторинга степени аварийной опасности и оценки эффективности мер по снижению риска аварий на ОПО, в том числе для оценки эффективности систем управления промышленной безопасностью;

разработка рекомендаций по обеспечению безопасности и при необходимости корректировке мер по снижению риска аварий;

совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО.

IV. ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ

13. При проведении анализа риска аварий рекомендуется последовательно выполнять следующие этапы:

планирование и организация работ, сбор сведений;

идентификация опасностей;

оценка риска аварии на ОПО и (или) его составных частях;

установление степени опасности аварий на ОПО и (или) определение наиболее опасных (с учетом возможности возникновения и тяжести последствий аварий) составных частей ОПО;

разработка (корректировка) мер по снижению риска аварий.

Состав и комплектность этапов рекомендуется уточнять в зависимости от конкретизации задач анализа риска аварий.

Общая схема проведения анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО представлена в приложении № 2 к настоящему Руководству. Рекомендуемая схема анализа

опасностей и оценки риска аварий, связанных с выбросом опасных веществ на ОПО, представлена в приложении № 3 к настоящему Руководству.

14. При планировании и организации работ рекомендуется:

а) определить анализируемый ОПО (или его составную часть) и дать его общее описание, провести анализ требований нормативных и правовых документов в области анализа риска аварий применительно к рассматриваемому объекту;

б) обосновать необходимость проведения анализа опасностей и оценки риска аварий в случае отсутствия нормативных требований в этой области;

в) провести анализ требований заказчика работ (инвесторов, проектировщиков или других заинтересованных лиц);

г) уточнить задачи проводимого анализа риска аварий с учетом причин, которые вызвали необходимость проведения таких работ (декларирование промышленной безопасности, обоснование безопасности ОПО, экспертиза промышленной безопасности, обоснование проектных решений по обеспечению безопасности, применение новых технологий или материалов);

д) определить используемые методы анализа риска аварий, основные и дополнительные показатели риска, степень их детальности и ограничения;

е) проанализировать, выбрать и определить значения фоновых рисков аварий и (или) соответствующие критерии (достижения) допустимого риска аварии и (или) иные обоснованные показатели безопасной эксплуатации ОПО;

ж) сформировать рабочую группу для проведения анализа риска аварий, оценить сроки и трудозатраты работ.

15. При осуществлении сбора сведений для описания анализируемого ОПО и (или) его составной части рекомендуется собрать сведения о:

а) идентификации ОПО;

б) инцидентах и авариях на данном и (или) аналогичных объектах;

в) характеристиках района расположения объекта (природных, техногенных, антропогенных);

г) характеристиках технических устройств, зданий и сооружений, применяемых на объекте;

д) проектном и фактическом распределении обращающихся опасных веществ.

16. На этапе идентификации опасностей аварий рекомендуется:

а) определить источники возникновения возможных инцидентов и аварий, связанных с разрушением сооружений и (или) технических устройств на ОПО, неконтролируемыми выбросами и (или) взрывами опасных веществ;

б) провести разделение ОПО на составные части (составляющие ОПО) при необходимости проведения анализа риска аварий на них; выделить характерные причины возникновения аварий на ОПО или его составных частях;

в) определить основные (типовые) сценарии аварий с их предварительной оценкой и ранжированием с учетом последствий и вероятности, при этом рассмотреть инициирующие и последующие события, приводящие к возможному возникновению поражающих факторов аварий.

На этапе идентификации опасностей могут быть даны предварительные рекомендации по уменьшению опасностей аварий с оценкой их достаточности либо выводы о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска аварий.

17. На этапе оценки риска аварий в зависимости от поставленных задач могут применяться методы количественной оценки риска аварий (являющиеся приоритетными), методы качественной оценки риска аварий или их возможные сочетания (полу-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

количественная оценка риска аварий). Рекомендуется последовательно осуществить качественную и (или) количественную оценку:

а) возможности возникновения и развития инцидентов и аварий;

б) тяжести последствий и (или) ущерба от возможных инцидентов и аварий;

в) опасности аварии и связанной с ней угрозы в значениях показателей риска.

18. Для оценки частоты инициирующих и последующих событий в анализируемых сценариях аварий рекомендуется использовать:

а) статистические данные по аварийности, по надежности технических устройств и технологических систем, соответствующие отраслевой специфике ОПО или виду производственной деятельности (характерные частоты аварийной разгерметизации типового оборудования ОПО представлены в приложении № 4 к настоящему Руководству);

б) логико-графические методы «Анализ деревьев событий», «Анализ деревьев отказов», имитационные модели возникновения аварий на ОПО;

в) экспертные специальные знания в области аварийности и травматизма на ОПО в различных отраслях промышленности, энергетики и транспорта.

19. Оценка последствий и ущерба от возможных аварий включает описание и определение размеров возможных воздействий на людей, имущество и (или) окружающую среду. При этом оценивают физические эффекты аварийных событий (разрушение технических устройств, зданий, сооружений, пожары, взрывы, выбросы токсичных веществ); уточняют объекты, которые могут подвергнуться воздействиям поражающих факторов аварий; используют соответствующие модели аварийных процессов совместно с критериями поражения человека и групп людей, а также критерии разрушения технических устройств, зданий и сооружений (приложение № 5 к настоящему Руководству).

20. Результаты оценки риска аварий могут содержать качественные и (или) количественные характеристики основных опасностей возникновения, развития и последствий аварий, при этом рекомендуется проводить анализ неопределенности и достоверности полученных результатов, в том числе влияния исходных данных на рассчитываемые показатели риска.

21. В необходимых случаях в зависимости от поставленных задач анализ риска аварий может исчерпываться только получением отдельных показателей риска на ОПО и (или) его составных частях.

22. На этапе установления степени опасности аварий на ОПО рекомендуется проводить сопоставительные сравнения значений полученных показателей опасности и оценок риска аварии с:

а) допустимым риском аварии и (или) уровнем, обоснованным на этапе планирования и организации анализа риска аварий;

б) значениями риска аварии на других составных частях ОПО;

в) фоновым риском аварии для данного типа ОПО или аналогичных ОПО, с фоновым риском гибели людей в техногенных происшествиях;

г) значениями риска аварии, полученными с учетом фактических отступлений от требований промышленной безопасности и возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий.

Необходимость и полнота сравнительных оценок определяется поставленными задачами анализа риска аварий. В качестве приоритетных рекомендуется использовать сравнительные сопоставления характерных для ОПО опасностей по показателям риска, которые необходимы для выявления наиболее аварийно опасных составных частей на ОПО.

23. Для выявления наиболее опасных составных частей на ОПО проводится их ранжирование в порядке возрастания оцененных показателей опасности и рассчитанных значений риска аварии на них.

24. Основные рекомендуемые способы установления степени опасности аварий на ОПО и определения наиболее аварийно-опасных составных частей ОПО представлены в приложении № 6 к настоящему Руководству.

25. Установление степени опасности аварий на ОПО и определение наиболее опасных составных частей ОПО рекомендуется использовать для разработки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии на ОПО, которые могут иметь организационный и (или) технический характер.

26. В целях обоснования безопасности ОПО при отступлении от требований промышленной безопасности и для разработки мероприятий, компенсирующих эти отступления, результаты анализа риска аварий на ОПО рекомендуется использовать в следующем порядке:

а) обоснованно выбираются показатели риска, наиболее адекватно характеризующие безопасную эксплуатацию ОПО в области именно тех требований промышленной безопасности, для которых необходимы отступления и требуются соответствующие компенсирующие мероприятия;

б) оцениваются изменения значений выбранных показателей риска до и после возможных и фактических отступлений от требований промышленной безопасности, а также до и после возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий;

в) оцененные изменения сравниваются с соответствующими критериями безопасной эксплуатации при отступлении от требований промышленной безопасности, которые предварительно обосновываются, например, в виде соответствия рассчитанных показателей риска допустимым значениям.

27. На этапе разработки мер по снижению риска аварий рекомендуется в качестве первоочередных планировать и разрабатывать:

обоснованные рекомендации по снижению риска аварии для наиболее опасных составных частей ОПО;

способы предупреждения возникновения возможных инцидентов и аварий на ОПО.

28. Выбор рекомендаций по снижению риска аварии имеет следующие приоритеты:

а) меры, снижающие возможность возникновения аварии, включающие:

уменьшение возможности возникновения инцидентов;

уменьшение вероятности перерастания инцидента в аварию;

б) меры, снижающие тяжесть последствий возможных аварий, включающие:

уменьшение вероятности эскалации аварий, когда последствия какой-либо аварии становятся непосредственной причиной аварии на соседних составных частях ОПО;

уменьшение вероятности нахождения групп людей в зонах поражающих факторов аварий;

ограничение возможности возрастания масштаба и интенсивности воздействия поражающих факторов аварии;

уменьшение вероятности развития аварии по наиболее опасным сценариям возможной аварии;

увеличение требуемого уровня надежности системы противоаварийной защиты, средств активной и пассивной защиты от воздействия поражающих факторов аварии;

в) меры обеспечения готовности к локализации и ликвидации последствий аварий.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

29. Для оптимизации разработанных рекомендаций по снижению риска аварии рекомендуется использовать следующую альтернативу:

а) в рамках доступных ресурсов обеспечить максимальное снижение риска аварии при эксплуатации ОПО;

б) обеспечить снижение риска аварий до требуемого уровня (в том числе допустимого риска аварии) при минимальных затратах ресурсов.

Для систем управления промышленной безопасностью рекомендуется преимущественно использовать способ «а» при краткосрочном и способ «б» при среднесрочном и долгосрочном планировании безопасной эксплуатации ОПО.

30. В качестве приоритетных способов предупреждения возникновения возможных инцидентов и аварий рекомендуется использовать:

пассивную защиту эффективным расстоянием (включая физические барьеры) от опасного воздействия поражающих факторов возможных аварий на стадии проектирования ОПО;

активную защиту от перерастания аварийной опасности в угрозу аварии для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды на стадии эксплуатации ОПО.

V. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОПАСНОСТИ АВАРИЙ

31. Основным показателем опасности на ОПО является риск аварии, который учитывает вероятностный характер превращения аварийной опасности на ОПО в непосредственную угрозу возникновения аварии с последующим возможным причинением вреда людским, материальным и природным ресурсам. Количественной мерой вреда является ущерб от аварии (в натуральных или стоимостных единицах).

32. При анализе опасностей рекомендуется оценивать риск аварий определением качественных признаков угроз аварии и количественных параметров случайной величины ущерба от аварии. В качестве основных и дополнительных показателей риска рекомендуется использовать числовые характеристики случайной величины ущерба от аварии.

33. Перечень оцениваемых основных и дополнительных показателей риска определяется задачами анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО. Показатели риска рекомендуется представлять в виде значений, рассчитанных для отдельных составляющих, участков, единиц оборудования ОПО, а также значений для всего анализируемого объекта.

34. Для оценки риска аварий рекомендуется использовать следующие основные показатели риска: индивидуальный риск $R_{инд}$, потенциальный риск $R_{пот}$, коллективный риск $R_{колл}$, социальный риск $F(x)$, частота реализации аварии с гибелью не менее одного человека R_1.

35. Показатели индивидуального риска $R_{инд}$ и коллективного риска $R_{колл}$ рекомендуется представлять в виде значений вероятности гибели человека и ожидаемого количества погибших из числа выбранной группы лиц в течение 1 года.

36. Распределение потенциального риска $R_{пот}$ рекомендуется представлять на ситуационном плане в виде изолиний, кратных отрицательной степени числа 10, показывающих распределение значений риска гибели людей от поражающих факторов аварий по территории ОПО и прилегающей местности в течение 1 года.

37. Показатель социального риска $F(x)$ рекомендуется представлять в виде графика ступенчатой функции, описывающей зависимость ожидаемой частоты аварий, в которых может погибнуть не менее x человек, от числа погибших — x.

38. В соответствии с задачами анализа риска аварий помимо основных могут применяться и дополнительные показатели риска. Дополнительные показатели риска представлены в приложении № 7 к настоящему Руководству.

39. Для оценки последствий каждого рассматриваемого *i*-го сценария рекомендуется проводить расчет количества пострадавших, которое определяется числом людей (целое значение), оказавшихся в зоне действия поражающих факторов:

$$N_{\text{пстр}} = \left[\iint_{\Omega i} \mu_{\text{д}}(x,y)\,dx\,dy\right] \left[\Omega_i = \bigcup_{j=1}^{\Phi i} \Omega_{ij}, \right. \tag{1}$$

где $\mu_{\text{д}}(x,y)$ — функция, описывающая территориальное распределение людей в пределах зоны действия поражающих факторов (плотность распределения людей, чел./м^2), с учетом изменения распределения людей в зависимости от смены персонала, проведения аварийных (регламентных) ремонтных или строительных работ на территории ОПО, периодического появления массового скопления людей вблизи ОПО, а также влияния организационных и технических мероприятий, направленных на скорейшую эвакуацию людей из зоны воздействия поражающих факторов, прибытие аварийно-спасательных формирований;

Φi — количество поражающих факторов, которые могут действовать одновременно при реализации *i*-го сценария;

Ω_{ij} — область действия *j*-го поражающего фактора в пределах зоны поражения, определяемой в соответствии с детерминированными критериями поражения, установленными в приложении № 5 настоящего Руководства, или определяемой по границе достижения вероятности гибели $v_{\text{уяз}}(x,y)\cdot P^{ij}_{\text{гиб}}(x,y) \geq 0{,}01$ (с учетом защищенности людей) при реализации *i*-го сценария аварии.

Для определения среднего количества пострадавших при *i*-м сценарии, в том числе при определении максимально возможного количества потерпевших (МВКП) для целей страхования ответственности, следует использовать следующую формулу:

$$N^{i}_{\text{ср пстр}} = \sum_{l=1}^{L} \left[\iint_{\Omega i} \mu_l(x,y)\cdot q(x,y)\,dx\,dy\right] \left[\Omega_i = \bigcup_{j=1}^{\Phi i} \Omega_{ij}, \right. \tag{2}$$

где $\mu_l(x,y)$ ($l = 1, \ldots, L$) — функция, описывающая территориальное распределение людей в пределах зоны действия поражающих факторов в соответствии с формулой (1);

$q(x,y)$ — доля времени нахождения людей в точке x,y (т.е. доля времени, в течение которого сохраняется *l*-е территориальное распределение людей).

Например, для пассажиров поездов, движущихся по ж/д пути, функция $\mu_{\text{д}} q(x,y)$ может быть представлена в виде

$$q(x,y)\mu_{\partial}(x,y) = H_{\text{п}}\,\frac{N_{\text{п}}}{V_{\text{п}}\cdot 24}\,\delta_l,$$

где $H_{\text{п}}$ — среднее количество поездов в сутки, движущихся по рассматриваемому ж/д пути;

$N_{\text{п}}$ — среднее количество пассажиров в одном поезде;

$V_{\text{п}}$ — средняя скорость движения поезда, км/ч;

δ_l — криволинейная дельта-функция, км:

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

$$\iint_S f(x,y)\cdot\delta_l dxdy = \int_l f(x,y)dl.$$

Для расчета МВКП рекомендуется определить максимальное значение $N^i_{\text{ср. пстр}}$.

40. Для каждого i-го сценария расчет количества погибших $N_т^i$ в зоне действия поражающих факторов с площадью S_j^i рекомендуется проводить по формуле

$$N^i_{\text{гиб}} = \int_S \mu_{\text{д}}(x,y)\cdot\min\left(1,1-\prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)}\left(1-\nu^{ij}_{\text{уяз}}(x,y)\cdot P^{ij}_{\text{гиб}}(x,y)\right)\right)ds, \qquad (3)$$

где $\nu^{ij}_{\text{уяз}}(x,y)$ — коэффициент уязвимости человека, находящегося в точке территории с координатами (x,y) от j-го поражающего фактора, который может реализоваться в ходе i-го сценария аварии и зависящий от защитных свойств помещения, укрытия, в котором может находиться человек в момент аварии, и изменяющийся от 0 (человек неуязвим) до 1 (человек не защищен из-за незначительных защитных свойств укрытия), или превышать 1 в случае гибели людей при обрушении зданий;

$\Phi_i(x,y)$ — количество поражающих факторов, которые могут действовать одновременно при реализации i-го сценария в точке с координатами (x,y);

$P^{ij}_{\text{гиб}}(x,y)$ — условная вероятность гибели незащищенного человека на открытом пространстве в точке территории с координатами (x,y) от j-го поражающего фактора при реализации i-го сценария аварии.

Для определения среднего количества погибших при i-м сценарии с учетом различного времени пребывания людей для ряда заданных распределений $\mu_l(x,y)$ ($l = 1, \ldots, L$) следует использовать следующую формулу:

$$N^i_{\text{ср. гиб}} = \sum_{l=1}^{L}\int_S \mu_l(x,y)\cdot q\ (x,y)\min\left(1,1-\prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)}\left(1-\nu^{ij}_{\text{уяз}}(x,y)\cdot P^{ij}_{\text{гиб}}(x,y)\right)\right)ds. \qquad (4)$$

41. Величину потенциального риска $R_{\text{пот}}(x,y)$, год$^{-1}$, в определенной точке (x,y) на территории площадочного объекта и в зонах, граничащих с площадочным объектом, рекомендуется определять по формуле

$$R_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^{I} Q_i\cdot\min\left(1,1-\prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)}\left(1-\nu^{ij'}_{\text{уязв}}(x,y)\cdot P^{ij}_{\text{гиб}}(x,y)\right)\right), \qquad (5)$$

где I — число сценариев развития аварий;

Q_i — частота реализации в течение года i-го сценария развития аварии, год$^{-1}$.

42. Индивидуальный риск рекомендуется оценивать частотой поражения определенного человека (группы людей) в результате аварии в течение года. Величину индивидуального риска $P^i_{\text{инд}}$, год$^{-1}$, для i-го индивида рекомендуется определять по формуле:

$$R^i_{\text{инд}} = \sum_{k=1}^{G} q_{ki}\cdot R_{\text{пот}}(x,y), \qquad (6)$$

где q_{ki} — вероятность присутствия i-го индивида в k-й области территории с учетом продолжительности действия поражающего фактора;

G — число областей, на которые условно можно разбить территорию, при условии, что величина потенциального риска на всей площади каждой из таких областей можно считать одинаковой.

Вероятность q_{ji} рекомендуется определять исходя из доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории.

Для производственного персонала долю времени, при которой реципиент подвергается опасности, можно оценить величиной 0,22 — для производственных объектов с постоянным пребыванием персонала (41 час в неделю) и 0,08 — для производственных объектов без постоянного пребывания персонала (менее 2 часов в смену).

Для прочих наиболее характерных мест пребывания людей долю времени, при которой реципиент подвергается опасности, можно оценить следующим образом:

для мест постоянного проживания — 1 (человек находится постоянно в данной точке);

для садовых участков — 0,17 (2 месяца в году);

гаражи — 0,0125 (0,3 часа в день);

для автомобильных и железных дорог — определяется с учетом длины сближения с опасным участком, средней скорости движения по дороге, количества совершаемых поездок.

Индивидуальный риск для людей, находящихся в зданиях, рекомендуется определять с учетом потенциального риска разрушения здания при взрыве согласно приложению № 3 к Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», таким образом, что коэффициент уязвимости при реализации сценариев со взрывом равен нулю, если здание не попадает в зону разрушений при взрыве, и равен единице, если попадает, при этом условная вероятность гибели людей в здании принимается в зависимости от степени разрушения зданий. Коэффициент уязвимости при реализации поражающих факторов, связанных с термическим и токсическим поражением, рекомендуется определять исходя из способности укрытия, при отсутствии сведений о защитных свойствах укрытия принимать коэффициент уязвимости равным единице.

В случае использования людьми, находящимися в зоне действия поражающих факторов S_j^i средств индивидуальной защиты, при наличии сведений об их защитных свойствах, в точках территории S_j^i коэффициент уязвимости допускается принимать равным минимальной из величин коэффициента уязвимости, определяемого для средства индивидуальной защиты, и коэффициента уязвимости, определяемого для укрытия.

В целях сравнения оценок риска с критериями допустимого индивидуального риска рекомендуется рассчитывать максимальное значение индивидуального риска для определенной группы лиц (рискующих).

43. Величину коллективного риска рекомендуется определять по формуле

$$R_{\text{колл}} = \sum_{j=1}^{J} N_{\text{г}}^{j} \cdot Q_j, \tag{7}$$

где Q_j — частота j-го сценария, при котором ожидаемое количество погибших равно $N_{\text{г}}^{i}$.

44. Социальный риск рекомендуется представлять в виде графика ступенчатой функции $F(x)$, задаваемой уравнением:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{I(x)} Q_i^x, \tag{8}$$

где Q_i^x — ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций C_i, при которых гибнет не менее x человек;

$N(x)$ — число сценариев C_i, при которых гибнет не менее x человек.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Рекомендуется построение кривой социального риска в виде ступенчатой, непрерывной слева, функции $F(x)$ со ступеньками в целочисленных значениях аргумента $x = [N_j]$, когда

$$F([N_j]) = F(N_j)\frac{N_j}{[N_j]}, \quad (9)$$

где $[N_j]$ — ближайшее большее целое число к значению ожидаемого числа погибших N_j при реализации j-го сценария;

$F(N_j)$ — сумма частот сценариев с ожидаемым числом погибших не менее N_j.

45. Частота аварии с гибелью не менее одного человека равна

$$R_1 = F(1). \quad (10)$$

46. При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, систем обнаружения утечек, автоматизированных систем управления технологическим процессом, систем противоаварийной защиты рекомендуется анализировать технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности. Методы расчета надежности технических систем рекомендуется сочетать с методами моделирования аварий и количественной оценки риска аварий.

47. В качестве приоритетного специального метода анализа риска аварий при идентификации опасностей технологических процессов рекомендуется использовать метод «Анализ опасности и работоспособности».

48. При выборе и применении методов анализа риска рекомендуется учитывать стадии жизненного цикла ОПО (проектирование, эксплуатация, консервация, ликвидация), цели анализа, критерии безопасности, значения допустимого риска аварий, размещение и технологические характеристики анализируемого объекта, основные опасности, наличие ресурсов для проведения анализа опасностей и оценки риска аварий, наличие необходимой информации. Рекомендуется учитывать, что метод должен:

быть научно обоснован и соответствовать рассматриваемым опасностям;

давать результаты в виде, позволяющем лучше понять формы реализации опасностей и наметить пути снижения риска аварий;

быть повторяемым и проверяемым.

49. Краткая характеристика рекомендуемых методов анализа риска представлена в приложении № 8 к настоящему Руководству.

VI. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ

50. Результаты анализа риска аварии рекомендуется обосновывать и оформлять таким образом, чтобы выполненные расчеты и выводы могли быть проверены и повторены специалистами, которые не участвовали при первоначальном анализе.

Объем и форма отчета с результатами анализа риска аварии зависит от цели и задач проведенного анализа опасностей и оценки риска аварий.

В отчет по количественной оценке риска рекомендуется включать (если иное не определено нормативными правовыми актами, например, актами по оформлению деклараций промышленной безопасности и обоснования безопасности):

титульный лист;

список исполнителей с указанием должностей, научных званий, организации;

аннотацию;

содержание (оглавление);

цель и задачи проведенного анализа риска аварии;

описание анализируемого ОПО и (или) его составных частей;

описание используемых методов анализа, моделей аварийных процессов и обоснование их применения, исходные предположения и ограничения;

исходные данные и их источники, в том числе данные по аварийности и надежности оборудования;

результаты идентификации опасности аварии;

результаты оценки риска аварии;

анализ неопределенностей результатов оценки риска аварии;

обобщение оценок риска аварии, в том числе с указанием степени опасности аварии ОПО и (или) составляющих ОПО;

рекомендации по снижению риска аварии;

заключение;

перечень используемых источников информации.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 1
к Руководству

Термины и определения

В настоящем Руководстве используются следующие термины с соответствующими определениями:

авария — разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ (статья 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»);

анализ риска аварий (анализ опасностей и оценка риска аварий) — взаимосвязанная совокупность научно-технических методов исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий для обеспечения промышленной безопасности ОПО;

допустимый риск аварии — установленные либо полученные согласно формализованной установленной процедуре значения риска аварии на ОПО, превышение которых характеризует угрозу возникновения аварии;

идентификация опасностей аварии — выявление источников возникновения аварий и определение соответствующих им типовых сценариев аварии;

инцидент — отказ или повреждение технических устройств, применяемых на ОПО, отклонение от установленного режима технологического процесса (статья 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»);

качественная оценка риска аварии — описание качественных характеристик и признаков возможности возникновения и соответствующей тяжести последствий реализации аварии для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды;

количественная оценка риска аварии — определение значений числовых характеристик случайной величины ущерба (человеку, имуществу и окружающей среде) от аварии на ОПО. В количественной оценке риска аварии оцениваются значения вероятности (частоты) и соответствующей степени тяжести последствий реализации различных сценариев аварий для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды;

опасность аварии — возможность причинения ущерба человеку, имуществу и (или) окружающей среде вследствие разрушения сооружений и (или) технических устройств, взрыва и (или) выброса опасных веществ на ОПО. Опасность аварии на ОПО обусловлена наличием на них опасных веществ, энергомассообменными свойствами технологических процессов, ошибками проектирования, строительства и эксплуатации, отказами технических устройств и их систем, а также нерасчетными (запроектными) внешними природными, техногенными и антропогенными воздействиями на ОПО;

опасные вещества — воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества и вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, перечисленные в приложении 1 к Федеральному закону от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

оценка риска аварии — определение качественных и (или) количественных характеристик опасности аварии;

промышленная безопасность ОПО (промышленная безопасность, безопасность опасных производственных объектов) — состояние защищенности жизненно важных инте-

ресов личности и общества от аварий на ОПО и последствий указанных аварий (Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»);

показатели опасности — характеристики опасности аварии на ОПО (качественные или количественные), имеющие упорядоченные значения, соответствующие уровню опасности;

показатели риска — количественные показатели опасности;

поражающие факторы аварии — физические процессы и явления, которые возникают при разрушении сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемых взрыве и (или) выбросе опасных веществ, и определяющие термическое, барическое и иное энергетическое воздействие, поражающее человека, имущество и окружающую среду;

риск аварии — мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий. В анализе риска аварий в качестве основных количественных показателей опасности (показателей риска) рекомендуется использовать:

технический риск — вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО;

индивидуальный риск — ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии;

потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) — частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории;

коллективный риск (или ожидаемые людские потери) — ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;

социальный риск (или риск поражения группы людей) — зависимость частоты возникновения сценариев аварий F, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N. Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в виде соответствующей F/N-кривой;

ожидаемый ущерб — математическое ожидание величины ущерба от возможной аварии за определенный период времени;

материальный риск (или риск материальных потерь) — зависимость частоты возникновения сценариев аварий F, в которых причинен ущерб на определенном уровне потерь не менее G, от количества этих потерь G. Характеризует экономическую тяжесть последствий реализации опасностей аварий и представляется в виде соответствующей F/G-кривой;

составные части (составляющие) ОПО — участки, установки, цехи, хранилища, сооружения, технические устройства или составляющие ОПО, объединяющие технические устройства или их совокупность по технологическому или территориально-административному принципу и входящие в состав ОПО;

степень опасности аварии (степень аварийной опасности) — сравнительная мера опасности, характеризующая относительную возможность возникновения и тяжесть последствий аварий на ОПО и (или) его составных частях;

сценарий развития аварии — последовательность отдельных логически связанных событий, обусловленных конкретным инициирующим (исходным) событием, приводящих к возникновению поражающих факторов аварии и причинению ущерба от аварии людским и (или) материальным ресурсам или компонентам природной среды;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

сценарий наиболее вероятной аварии (наиболее вероятный сценарий аварии) — сценарий аварии, вероятность реализации которого максимальна за определенный период времени (месяц, год);

сценарий наиболее опасной по последствиям аварии (наиболее опасный по последствиям сценарий аварии) — сценарий аварии с наибольшим ущербом людским и (или) материальным ресурсам или компонентам природной среды;

требования промышленной безопасности — условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в Федеральном законе от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», других федеральных законах, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актах Президента Российской Федерации, нормативных правовых актах Правительства Российской Федерации, а также федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности (Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»);

типовой сценарий аварии — сценарий аварии после разрушения отдельного сооружения и (или) технического устройства, а также возникновения неконтролируемого взрыва и (или) выброса опасных веществ из единичного технологического оборудования (блока) с учетом регламентного срабатывания имеющихся систем противоаварийной защиты, локализации аварии и противоаварийных действий персонала;

угроза аварии — актуализированная опасность аварии, характеризующая непосредственно предаварийное состояние ОПО. Угроза аварии наступает при необоснованных отступлениях от требований промышленной безопасности, а также в случаях приближения внешних техногенных, антропогенных и природных воздействий к предельным проектным нагрузкам;

ущерб от аварии — потери (убытки) в производственной и непроизводственной сфере жизнедеятельности человека, а также при негативном изменении окружающей среды, причиненные в результате аварии на ОПО и исчисляемые в натуральной (денежной) форме;

фоновый риск аварии — численное значение риска аварии на ОПО (или составной части ОПО), определенное с учетом статистики за последние 5–10 лет;

эскалация аварии — последовательное возникновение аварий, причинами которых являются поражающие факторы аварий на соседних составных частях ОПО.

Приложение № 2
к Руководству

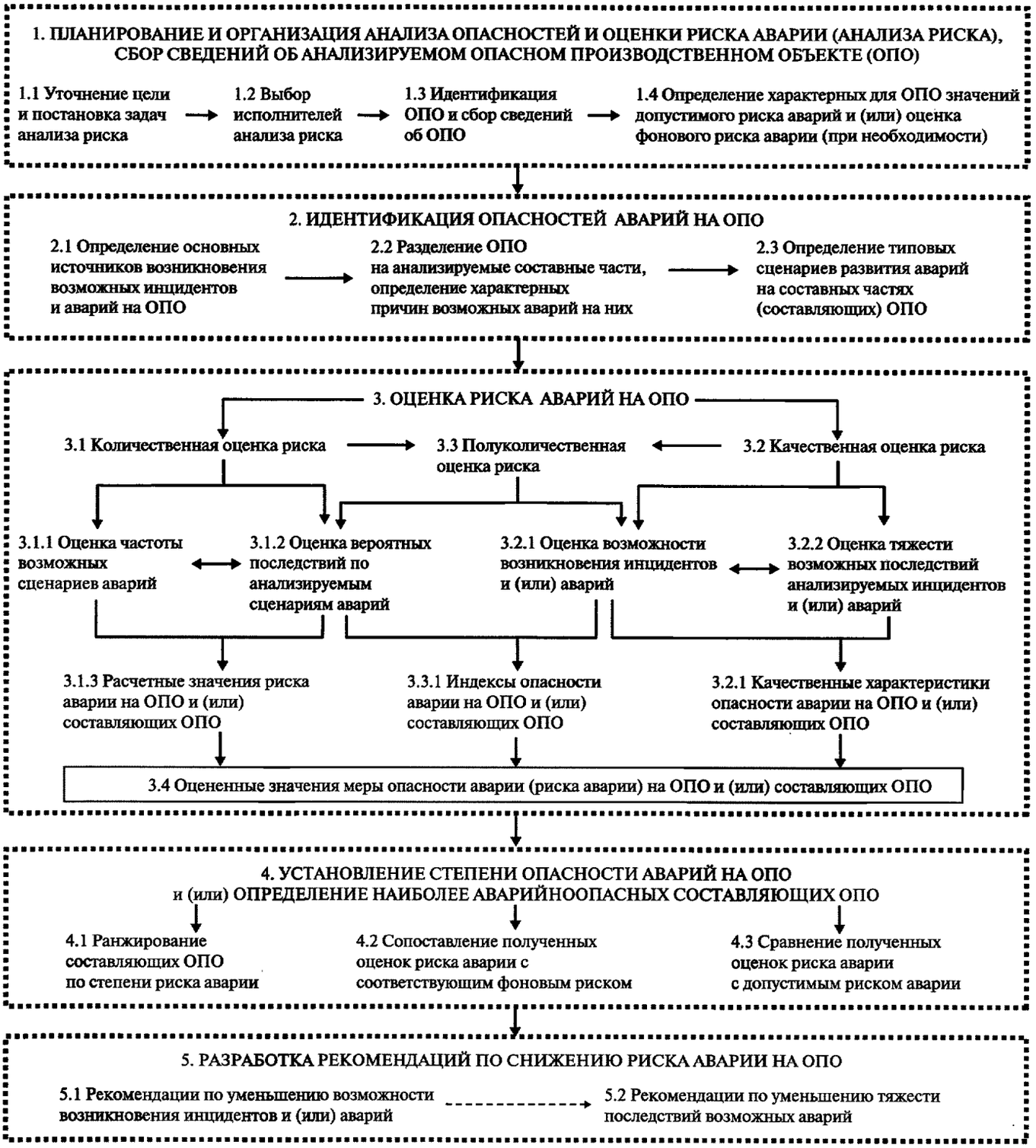


Рис. 2-1. Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 3
к Руководству

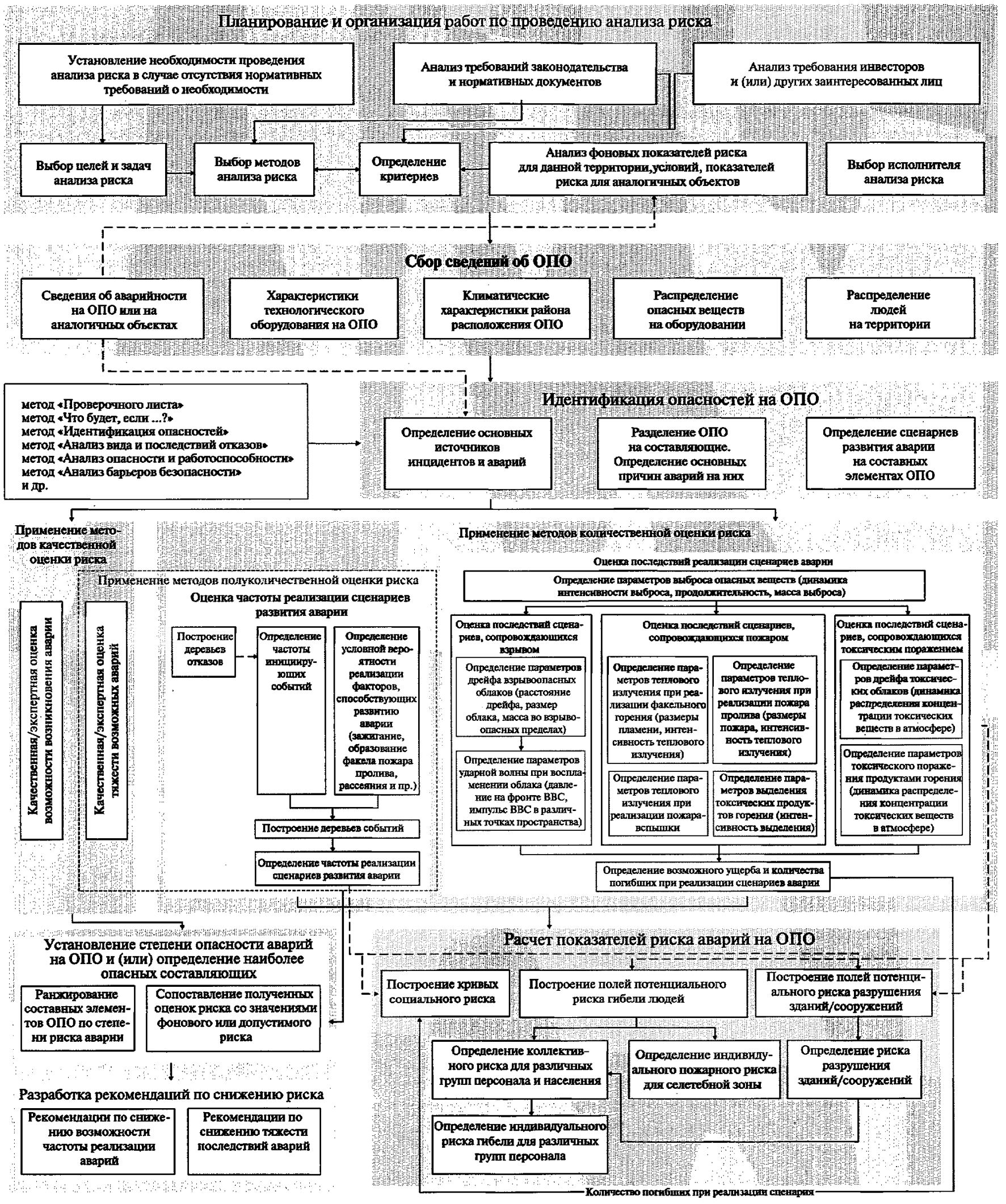


Рис. 3-1. Рекомендуемая схема анализа опасностей и оценки риска аварий, связанных с выбросом опасных веществ на ОПО

Приложение № 4
к Руководству

Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования ОПО

Таблица 4-1

Частоты разгерметизации трубопроводов

Внутренний диаметр трубопровода	Частота разгерметизации, $год^{-1} \cdot м^{-1}$	
	Разрыв на полное сечение, истечение из двух концов трубы	Истечение через отверстие с эффективным диаметром 10 % номинального диаметра трубы, но не более 50 мм
	TP1	TP2
Менее 75 мм	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
От 75 до 150 мм	$3 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-6}$
Более 150 мм	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$

Примечания: 1. Частоты приведены для технологических трубопроводов, не подверженных интенсивной вибрации, не работающих в агрессивной среде, при отсутствии эрозии, не подверженных циклическим тепловым нагрузкам.

2. При наличии указанных факторов частота повышается в 3–10 раз в зависимости от специфики условий.

3. Разгерметизация на фланцевых соединениях добавляется к разгерметизациям на трубопроводах. Одно фланцевое соединение по частоте разгерметизации приравнивается к 10 м трубопровода.

4. Длина трубопровода не менее 10 м. При меньшей длине она считается равной 10 м.

Таблица 4-2

Частоты разгерметизации насосов

Тип насоса	Частота разгерметизации, $год^{-1}$	
	Катастрофическое разрушение с эффективным диаметром отверстия, равным диаметру наибольшего трубопровода	Утечка через отверстие с номинальным диаметром 10 % от диаметра наибольшего трубопровода, но не более 50 мм
Насосы	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Насосы в корпусе из кованой стали	$5 \cdot 10^{-5}$	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
Герметичные насосы	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 4-3

Частоты разгерметизации сосудов под давлением

Тип оборудования	Частота разгерметизации, $год^{-1}$		
	Полное разрушение		Продолжительный выброс через отверстие диаметром 10 мм
	Мгновенный выброс	Выброс всего объема за 10 мин с постоянным расходом	
	C1	C2	C3
Сосуды под давлением	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Технологические аппараты (ректификационные колонны, конденсаторы и фильтры)	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Химические реакторы	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Примечания: 1. Частота понижается, если при изготовлении сосуда использованы специальные технические решения, обеспечивающие снижение аварийности, однако итоговая частота полной разгерметизации (мгновенный и продолжительный выбросы С1,С2) не может быть ниже $1 \cdot 10^{-7}$ 1/год.

2. Частота разгерметизации повышается, если для сосуда обычные условия обеспечения целостности не выполняются либо если имеются другие обстоятельства, приводящие к повышению частоты.

Если внешние воздействия не могут быть исключены, то значение частоты полного разрушения увеличивается на величину $5 \cdot 10^{-6}$ 1/год как для мгновенного, так и для непрерывного выброса (С1, С2).

Таблица 4-4

Частоты разгерметизации резервуаров и изотермических хранилищ

Тип оборудования	Частота разгерметизации, $год^{-1}$					
	Полное разрушение				Продолжительный выброс в окружающую среду через отверстие диаметром 10 мм	Продолжительный выброс в межстенное пространство через отверстие диаметром 10 мм
	Мгновенный выброс всего объема в окружающую среду	Мгновенный выброс всего объема в межстенное пространство	Выброс всего объема в окружающую среду за 10 мин с постоянным расходом	Выброс всего объема в межстенное пространство за 10 мин с постоянным расходом		
Одностенный резервуар[а]	$5 \cdot 10^{-6}$	–	$5 \cdot 10^{-6}$	–	$1 \cdot 10^{-4}$	–
Резервуар с внешней защитной оболочкой[б]	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	–	$1 \cdot 10^{-4}$
Резервуар с двумя оболочками[в]	$1{,}25 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1{,}25 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	–	$1 \cdot 10^{-4}$
Резервуар полной герметизации[г]	$1 \cdot 10^{-8}$	–	–	–		
Заглубленный резервуар[д]	–	$1 \cdot 10^{-8}$	–	–	–	–
Подземное хранилище[е]	$1 \cdot 10^{-8}$	–	–	–	–	–

[а] Имеется одна оболочка, предназначенная для хранения жидкости. Вторая (внешняя) оболочка может присутствовать, однако она обеспечивает защиту только от воздействия окружающей среды и при разрушении внутренней оболочки не может удерживать ни газ, ни жидкость.

[б] Имеется внутренняя оболочка для хранения жидкости и внешняя защитная оболочка, обеспечивающая удерживание жидкости при утечке из внутренней оболочки, но не обеспечивающая удержание газа. Внешняя оболочка не обеспечивает защиту от внешних воздействий (взрыва, воздействия разлетающихся обломков и термического воздействия).

[в] Имеется первичная оболочка для жидкости и внешняя оболочка. Внешняя оболочка может удерживать пролитую жидкость и защищать от различных внешних воздействий, таких, как взрывы, воздействие разлетающихся обломков и термическое воздействие, однако не предусматривает удержание газа (паров).

[г] Имеются внутренняя и внешняя оболочки. Внешняя оболочка обеспечивает удержание пролитой жидкости и пара и защищает от различных внешних воздействий, таких, как взрывы, воздействие разлетающихся обломков и термическое воздействие.

[д] Уровень жидкости в хранилище находится ниже уровня земли.

[е] Хранилище полностью закрыто грунтом, уровень жидкости находится ниже уровня земли.

Таблица 4-5

Частоты разгерметизации теплообменников

Опасности конструкции теплообменника	Мгновенный выброс всего содержимого, 1/год	Мгновенное разрушение одной трубы с истечением содержимого из обоих концов разрыва, 1/год	Утечка через отверстие с эффективным диаметром 10 % от номинального; максимальный эффективный диаметр отверстия 50 мм, 1/год
Опасное вещество находится вне труб (в кожухе)	$5 \cdot 10^{-5}$	—	—
Опасное вещество в трубах. Давление во внешнем кожухе выше давления в трубах	$15 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Опасное вещество в трубах. Давление во внешнем кожухе ниже давления в трубах	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—

Таблица 4-6

Частоты разгерметизации автомобильных и железнодорожных цистерн (в стационарном положении)

Тип оборудования	Частота разгерметизации					
	Мгновенный выброс всего содержимого	Продолжительный выброс из цистерны через отверстие, соответствующее размеру наибольшего соединения	Полный разрыв сливоналивного рукава	Утечка из сливоналивного рукава через отверстие с эффективным диаметром 10 % номинального диаметра, максимум 50 мм	Полное разрушение жесткого сливоналивного устройства	Утечка из жесткого сливоналивного устройства через отверстие с эффективным диаметром 10 % номинального диаметра, максимум 50 мм
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5	Ц6
Цистерна под избыточным давлением	$5 \cdot 10^{-7}$ год$^{-1}$	$5 \cdot 10^{-7}$ год$^{-1}$	$4 \cdot 10^{-6}$ ч$^{-1}$	$4 \cdot 10^{-5}$ ч$^{-1}$	$3 \cdot 10^{-8}$ ч$^{-1}$	$3 \cdot 10^{-8}$ ч$^{-1}$
Цистерна при атмосферном давлении	$1 \cdot 10^{-5}$ год$^{-1}$	$5 \cdot 10^{-7}$ год$^{-1}$	$4 \cdot 10^{-6}$ ч$^{-1}$	$4 \cdot 10^{-5}$ ч$^{-1}$	$3 \cdot 10^{-8}$ ч$^{-1}$	$3 \cdot 10^{-8}$ ч$^{-1}$

Примечания: 1. Выше приведены частоты аварийной разгерметизации для цистерн в стационарном положении.

2. Возникновение пожара под цистерной может привести к мгновенному выбросу всего содержимого с образованием огненного шара (при перевозке взрывопожароопасных жидкостей и сжиженных газов). Частота возникновения аварий данного типа по причине локальных утечек из соединительных шлангов оценивается величиной $1 \cdot 10^{-6}$ год$^{-1}$ для цистерн под избыточным давлением и $1 \cdot 10^{-6}$ год$^{-1}$ для цистерн при атмосферном давлении.

3. При наличии нескольких цистерн в расчетах рекомендуется учитывать эскалацию аварии (эффект «домино»).

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 5
к Руководству

Критерии поражения людей и разрушения технических устройств, зданий и сооружений при авариях на ОПО

При оценке последствий воздействия опасных факторов аварий на ОПО и для оценки степени возможного поражения людей и разрушения зданий, сооружений по вычисленным параметрам поражающих факторов могут использоваться как детерминированные (учитывающие только величину поражающих факторов), так и вероятностные критерии (по пробит-функции, характеризующей вероятность возникновения последствий определенного масштаба в зависимости от уровня воздействия).

Детерминированные критерии устанавливают значения поражающего фактора, при которых наблюдается тот или иной уровень поражения (разрушения).

Детерминированные критерии присваивают определенной величине негативного воздействия поражающего фактора конкретную степень поражения людей, разрушения зданий, инженерно-технических сооружений.

В случае использования детерминированных критериев условная вероятность поражения принимается равной 1, если значение поражающего фактора превышает предельно допустимый уровень, и равной 0, если значение предельно допустимого уровня поражения не достигается.

Вероятностные критерии показывают, какова условная вероятность того или иного уровня поражения (разрушения) при заданном значении поражающего фактора.

Поскольку одна и та же мера воздействия может вызвать последствия различной степени тяжести, величина вероятности поражения выражается функцией Гаусса (функции ошибок) через пробит-функцию

$$P_{\text{пор}} = f[\Pr(D)]. \qquad (5\text{-}1)$$

Связь вероятности поражения с пробит-функцией приведена в табл. 5-1 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-1

Связь вероятности поражения с пробит-функцией

p, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

В общем случае пробит-функция имеет вид

$$Pr = a + b \cdot \ln D, \qquad (5\text{-}2)$$

где a и b — константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия;

D — доза негативного воздействия (для оценки воздействия теплового излучения — функция плотности интенсивности теплового излучения и времени воздействия; для барического воздействия — избыточное давление на фронте ударной волны и импульс фазы сжатия; для токсического воздействия — концентрация токсического вещества и время воздействия).

Критерии поражения тепловым излучением

Детерминированные критерии поражения тепловым излучением

При оценке воздействия теплового излучения основным критерием поражения является интенсивность теплового излучения. Детерминированные критерии поражения людей приведены в табл. 5-2 (приложение № 5 к настоящему Руководству). Для определения числа пострадавших рекомендуется принимать значение интенсивности теплового излучения, превышающего 7,0 кВт/м^2.

Таблица 5-2

Предельно допустимая интенсивность теплового излучения

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м^2
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20–30 с Ожог первой степени через 15–20 с Ожог второй степени через 30–40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3–5 с Ожог первой степени через 6–8 с Ожог второй степени через 12–16 с	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Воздействие открытого пламени и тепловой радиации от пожара на технологическое оборудование, наружные установки оценивается по значению поглощенной дозы тепловой радиации, вычисляемой по формуле:

$$D_{\text{обор}} = q_{\text{об}} \cdot t, \qquad (5\text{-}3)$$

где $q_{\text{об}}$ — величина теплового потока на единицу площади, кВт/м^2;

t — длительность теплового воздействия, с.

Зависимость степени повреждения оборудования $k_{\text{повр}}$ от дозы поглощенной тепловой радиации $D_{\text{обор}}$ имеет вид

$$k_{\text{повр}} = \begin{cases} 0 & \text{при } q_{\text{об}} < 12 \text{ кВт/м}^2; \\ 0{,}1 & \text{при } D_{\text{обор}} \le D_{\text{пор}}; \\ 0{,}1 + 0{,}9 \cdot \dfrac{D_{\text{обор}} - D_{\text{пор}}}{D_{\text{гиб}} - D_{\text{пор}}} & \text{при } D_{\text{пор}} < D_{\text{обор}} < D_{\text{гиб}}; \\ 1 & \text{при } D_{\text{обор}} \ge D_{\text{гиб}}, \end{cases} \qquad (5\text{-}4)$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

где $D_{пор}$ — пороговое значение дозы поглощенной тепловой радиации (кВтс/м^2), ниже которого оборудование получает только слабые повреждения ($k_{повр} = 0,1$);

$D_{гиб}$ — значение дозы поглощенной тепловой радиации (кВтс/м^2), выше которого оборудование считается полностью разрушенным. Значения $D_{пор}$ и $D_{гиб}$ для различных типов оборудования приведены в табл. 5-3 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-3

Значения $D_{пор}$ и $D_{гиб}$ для оборудования разных классов чувствительности к воздействию тепловой радиации

Класс чувствительности оборудования	Тип оборудования	$D_{пор}$, кВт·с/м^2	$D_{гиб}$, кВт·с/м^2
I (высокочувствительное)	Расположенное вне укрытий сложное технологическое оборудование	3300	10000
II (средней чувствительности)	Оборудование в блок-контейнерах или индивидуальных укрытиях. Незащищенные крановые узлы, средства электрохимической защиты, контрольные пункты телемеханики, опоры ЛЭП и другое незащищенное технологическое оборудование с фланцевыми соединениями с чувствительными к нагреву материалами-уплотнителями	8300	25000
III (слабочувствительное)	Наземные трубопроводы, крановые узлы в защитном укрытии	35000	45000

Подземное технологическое оборудование принимается нечувствительным к термическому воздействию и при любой аварии считается неповрежденным ($k_{повр} = 0$).

Вероятностные критерии поражения тепловым излучением

Для поражения человека тепловым излучением величина пробит-функции описываются следующими выражениями:

$$Pr = -12,8 + 2,56\,Ln(D), \tag{5-5}$$

$$D = t \cdot q^{4/3}. \tag{5-6}$$

Величина эффективного времени экспозиции t вычисляется по формулам:

1) для огненного шара

$$t = 0,92 \cdot m^{0,303}; \tag{5-7}$$

2) для пожара пролива или для факела

$$t = t_0 + \frac{x_б}{u_{ср}}, \tag{5-8}$$

где m — масса горючего вещества, участвующего в образовании огненного шара, кг;

t_0 — характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, с (принимается равным 5 с);

$x_б$ — расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения меньше 4 кВт/м^2), м;

$u_{ср}$ — средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается 5 м/с).

При использовании пробит-функций в качестве зон 100 % поражения принимаются зоны поражения, где значение пробит-функции достигают величины, соответствующей вероятности 90 %. В качестве зон, безопасных с точки зрения воздействия поражающих факторов, принимаются зоны поражения, где значения пробит-функции достигают величины, соответствующей вероятности 1 %.

Условная вероятность поражения человека, попавшего в зону непосредственного воздействия пламени пожара пролива или факела, принимается равной 1.

Для пожара-вспышки следует принимать, что условная вероятность поражения человека, попавшего в зону воздействия высокотемпературными продуктами сгорания газопаровоздушного облака, равна 1. За пределами этой зоны условная вероятность поражения человека принимается равной 0.

При расчете вероятности поражения человека тепловым излучением рекомендуется учитывать возможность укрытия (например, в здании или за ним).

Критерии поражения ударной волной

Детерминированные критерии поражения ударной волной

Величина избыточного давления на фронте падающей ударной волны $\Delta P_ф = 5$ кПа принимается безопасной для человека. Воздействие на человека ударной волной с избыточным давлением на фронте $\Delta P_ф > 120$ кПа рекомендуется принимать в качестве смертельного поражения. Для определения числа пострадавших рекомендуется принимать значение избыточного давления, превышающее 70 кПа.

Критерии повреждения зданий приведены в табл. 5-4 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-4

Критерии разрушения типовых промышленных зданий от избыточного давления

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение зданий	Более 100
Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	70
Средние повреждения зданий, возможно восстановление здания	28
Разрушение оконных проемов, легкосбрасываемых конструкций	14
Частичное разрушение остекления	Менее 2

Степень разрушения различных административных, производственных зданий и сооружений от воздействия избыточного давления ударной волной приведены в табл. 5-5 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-5

Данные о степени разрушения производственных, административных зданий и сооружений, имеющих разную устойчивость

Тип зданий, сооружений	Разрушение при избыточном давлении на фронте ударной волны, кПа			
	Слабое	Среднее	Сильное	Полное
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	20–30	30–40	40–50	>50
Промышленные здания с легким каркасом и бескаркасной конструкции	10–20	25–35	35–45	>45
Складские кирпичные здания	10–20	20–30	30–40	>40

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Тип зданий, сооружений	Разрушение при избыточном давлении на фронте ударной волны, кПа			
	Слабое	Среднее	Сильное	Полное
Одноэтажные складские помещения с металлическим каркасом и стеновым заполнением из листового металла	5–7	7–10	10–15	>15
Бетонные и железобетонные здания и антисейсмические конструкции	25–35	80–120	150–200	>200
Здания железобетонные монолитные повышенной этажности	25–45	45–105	105–170	170–215
Котельные, регуляторные станции в кирпичных зданиях	10–15	15–25	25–35	35–45
Деревянные дома	6–8	8–12	12–20	>20
Подземные сети, трубопроводы	400–600	600–1000	1000–1500	1500
Трубопроводы наземные	20	50	130	—
Кабельные подземные линии	До 800	—	—	1500
Цистерны для перевозки нефтепродуктов	30	50	70	80
Резервуары и емкости стальные наземные	35	55	80	90
Подземные резервуары	40	75	150	200

Условная вероятность травмирования и гибели людей, находящихся в зданиях, в зависимости от степени разрушения зданий от воздействия ударной волны определяется по табл. 5-6 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-6

Зависимость условной вероятности поражения человека с разной степенью тяжести от степени разрушения здания

Тяжесть поражения	Степень разрушения			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
Смертельное	0,6	0,49	0,09	0
Тяжелые травмы	0,37	0,34	0,1	0
Легкие травмы	0,03	0,17	0,2	0,05

Вероятностные критерии

Для расчета условной вероятности разрушения объектов и поражения людей ударными волнами используются следующие пробит-функции:

а) вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, может оцениваться по соотношению

$$\mathrm{Pr}_1 = 5 - 0{,}26 \cdot \ln V_1, \tag{5-9}$$

где

$$V_1 = \left(\frac{17500}{\Delta P}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I}\right)^{9,3}, \tag{5-10}$$

где ΔP — избыточное давление, Па; I – импульс, кг·м/с;

б) вероятность разрушений промышленных зданий, при которых здания подлежат сносу, оценивается по соотношению

$$\mathrm{Pr}_2 = 5 - 0{,}22 \cdot \ln V_2, \tag{5-11}$$

где

$$V_2 = \left(\frac{40000}{\Delta P}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{I}\right)^{11,3}; \tag{5-12}$$

в) вероятность длительной потери управляемости у людей (состояние нокдауна), попавших в зону действия ударной волны при взрыве облака ТВС, может быть оценена по величине пробит-функции

$$\Pr_3 = 5 - 5{,}74 \cdot \ln V_3, \tag{5-13}$$

где

$$V_3 = \frac{4{,}2}{\bar{p}} + \frac{1{,}3}{\bar{i}}, \tag{5-14}$$

$$\bar{p} = 1 + \frac{\Delta P}{P_0}, \tag{5-15}$$

$$\bar{i} = \frac{I}{P_0^{1/2} \cdot m^{1/3}}, \tag{5-16}$$

где m — масса тела живого организма, кг;

P_0 — атмосферное давление, Па;

г) вероятности разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне определяется по формуле

$$\Pr_4 = -12{,}6 + 1{,}524 \cdot \ln \Delta P; \tag{5-17}$$

д) вероятность отброса человека волной давления оценивается по величине пробит-функции

$$\Pr_5 = 5 - 2{,}44 \cdot \ln V_5, \tag{5-18}$$

где

$$V_5 = \frac{7{,}38 \cdot 10^{-3}}{\Delta P} + \frac{1{,}3 \cdot 10^{9}}{\Delta P \cdot I}. \tag{5-19}$$

При использовании пробит-функций в качестве зон 100 % поражения принимаются зоны поражения, где значение пробит-функции достигают величины, соответствующей вероятности 90 %. В качестве зон безопасных с точки зрения воздействия поражающих факторов принимаются зоны поражения, где значения пробит-функции достигают величин, соответствующих вероятности 1 %.

Критерии токсического поражения

Границы зон токсического поражения опасным веществом рассчитываются по смертельной и пороговой токсодозам при ингаляционном воздействии на организм человека либо по пробит-функциям.

Сравнением с пороговыми и смертельными токсодозами (табл. 5-7 приложения № 5 к настоящему Руководству) определяются расстояния, соответствующие смертельному поражению и пороговому воздействию.

Для оценки вероятности смертельного поражения человека используется пробит-функция, по которой с использованием табл. 5-7 (приложение № 5 к настоящему Руководству) определяется вероятность смертельного поражения человека на открытом пространстве:

$$\Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot T), \tag{5-20}$$

где C – концентрация токсичного вещества, ppm;

T – время воздействия, мин.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица 5-7

Свойства опасных веществ

Вещество	Пороговая токсодоза PCt_{50}, мг·мин/л	Смертельная токсодоза LCt_{50}, мг·мин/л	Коэффициенты при расчете пробит-функции		
			a	*b*	*n*
Аммиак	15,00	150,0	–35,90	1,850	2,00
Фтористый водород	4,00	40,0	–35,87	3,354	1,00
Хлористый водород	2,00	20,0	–16,85	2,000	1,00
Бромистый водород	2,40	24,0	–18,32	2,000	1,00
Цианистый водород	0,20	6,0	–9,56	1,000	2,40
Сероводород	1,00	15,0	–31,42	3,008	1,43
Сероуглерод	30,00	500,0	–46,62	4,200	1,00
Формальдегид	0,60	6,0	–12,24	1,300	2,00
Фосген	0,55	3,2	–19,27	3,686	1,00
Фтор	0,20	3,0	–10,34	1,000	2,00
Хлор	0,60	6,0	–8,29	0,920	2,00
Хлорциан	0,75	11,0	—	—	—
Окись углерода	10,00	37,5	–37,98	3,700	1,00
Окись этилена	2,20	25,0	–6,21	1,000	1,00
Бензол	60,00	250,0	–109,80	5,300	2,00
Диметиламин	1,00	—	–7,34	2,000	1,00
Акрилонитрил	—	—	–14,97	1,900	1,00
Акролеин	0,20	—	–9,93	2,049	1,00

При расчете воздействия токсических веществ на человека рекомендуется учитывать возможность укрытия (например, в здании), а также применение средств индивидуальной защиты (противогаз).

Критерии разрушения оборудования и эскалации аварий на ОПО

Критерии повреждения отдельных категорий промышленного оборудования ударной волной и тепловым излучением приведены в табл. 5-8, 5-9 (приложение № 5 к настоящему Руководству).

Таблица 5-8

Критерии повреждения ударной волной различных категорий оборудования

Категория оборудования	Пороговое воздействие, кПа	Коэффициенты пробит-функции	
		a	*B*
Резервуары	22	–18,96	+2,44
Сосуды под давлением	16	–42,44	+4,33
Протяженное оборудование	31	–28,07	+3,16
Малогабаритное оборудование	37	–17,79	+2,18

Таблица 5-9

Критерии повреждения тепловым излучением различных категорий оборудования

Категория оборудования	Пороговое воздействие	Пробит-функции
Резервуары	15 кВт/м^2 $t \geq 10$ мин	$V = 12{,}54 - 1{,}847 \cdot \ln(ttf)$ $\ln(ttf) = -1{,}128 \cdot \ln(I) - 2{,}667 \cdot 10^{-5} \cdot V + 9{,}887$
Сосуды под давлением	50 кВт/м^2 $t \geq 10$ мин	$V = 12{,}54 - 1{,}847 \cdot \ln(ttf)$ $\ln(ttf) = -0{,}947 \cdot \ln(I) + 8{,}835 \cdot V^{0{,}032}$

Примечание. *ttf* — время до разрушения, с; *V* – объем сосуда, м^3; *I* — полученное количество теплового излучения, кВт/м^2.

Приложение № 6
к Руководству

Основные рекомендуемые способы установления степени опасности аварий на ОПО и определения наиболее аварийно-опасных составных частей ОПО

Установление степени опасности аварий на ОПО и определение наиболее опасных составных частей ОПО используют для разработки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии на ОПО.

К основным способам установления степени опасности аварий на ОПО и определения наиболее опасных составных частей ОПО относятся:

а) сравнение рассчитанных значений показателей риска со значениями на других составных частях ОПО и ранжирование составных частей ОПО по степени опасности аварий;

б) сравнение рассчитанных значений показателей риска с допустимым риском аварии и (или) уровнем, обоснованным на этапе планирования и организации анализа риска аварий;

в) сравнение рассчитанных значений показателей риска с фоновым риском аварии для данного типа ОПО или аналогичных ОПО, с фоновым риском гибели людей в техногенных происшествиях;

г) сравнение рассчитанных показателей риска аварии со значениями риска аварии, полученными с учетом фактических отступлений от требований промышленной безопасности и возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий;

д) категорирование ОПО по критериям классификации аварийной опасности.

Ранжирование участков линейных ОПО и составных частей площадочных ОПО по основным опасностям аварий осуществляется для однотипных участков и составных частей ОПО по характерным для них показателям опасности.

На основе ранжирования участков и составных частей ОПО по рассчитанным количественным показателям риска устанавливают относительную степень опасности участков и составных частей ОПО.

Пример установления относительной степени опасности и ранжирования участков линейного ОПО по интервалу изменения значений характерного показателя риска, рассчитанных для участков всей трассы при количественной оценке риска аварии $\{R_{min}, R_{max}\}$ приведен в табл. 6-1 (приложение № 6 к настоящему Руководству).

Таблица 6-1

Пример ранжирования участков линейного ОПО по интервалу изменения рассчитанного характерного показателя риска $\{R_{min}, R_{max}\}$

Сравнительная степень опасности аварии	Значение рассчитанного показателя риска R
Малая	Менее $R_{min} + 0{,}3 \cdot (R_{max} - R_{min})$
Средняя	$R_{min} + (0{,}3 \div 0{,}8) \cdot (R_{max} - R_{min})$
Высокая	$R_{min} + (0{,}8 \div 0{,}97) \cdot (R_{max} - R_{min})$
Чрезвычайно высокая	Более $R_{min} + 0{,}97 \cdot (R_{max} - R_{min})$

Опасность аварии на составных частях ОПО может также устанавливаться относительным сравнением с фоновым риском аварии за определенный период (5–10 лет) (табл. 6-2 приложения № 6 к настоящему Руководству).

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица 6-2

Пример ранжирования участков линейного ОПО по сравнению со среднеотраслевым фоновым риском аварии за последние 5 лет ($R_{5\,лет}$)

Сравнительная степень опасности аварии на участке линейного ОПО	Значение рассчитанного показателя риска R
Малая	Менее $0{,}5 \cdot R_{5\,лет}$
Средняя	$(0{,}5–5{,}0) \cdot R_{5\,лет}$
Высокая	$(5–50) \cdot R_{5\,лет}$
Чрезвычайно высокая	Более $50 \cdot R_{5\,лет}$

При наличии установленных значений допустимого риска аварии, на основе ранжирования участков и составных частей ОПО по рассчитанным показателям риска определяются недопустимо опасные участки и составные части линейных и площадочных ОПО, дальнейшая эксплуатация которых переводит возможную аварийную опасность в непосредственную угрозу возникновения аварии на ОПО.

Недопустимая аварийная опасность участков и составных частей линейных и площадочных ОПО определяется, если рассчитанные значения показателей риска превышают допустимый риск аварии.

Аналогичное сравнение может проводиться и с требуемым уровнем опасности, который обосновывается отдельно для различных классов опасности ОПО с учетом критериев степени опасности составных частей ОПО, уровней допустимого и фонового риска аварии.

При необходимости может проводиться категорирование аварийной опасности ОПО, основанное на результатах расчета максимальных масштабов последствий аварий. Пример критериев и классификации ОПО, основанной на результатах оценки риска аварий и учитывающей масштабы последствий возможных аварий, представлен в табл. 6-3 (приложение № 6 к настоящему Руководству).

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица № 6-3

Пример категорирования ОПО по уровню риска аварии

Категория опасности ОПО по уровню риска аварии	Наименование показателя и значения критериев аварийной опасности производственных объектов по уровню риска аварии								
	1) наличие третьих лиц в зонах смертельного поражения при наиболее опасном по последствиям сценарии аварии (НОА)	2) количество человек, у которых могут быть нарушены условия жизнедеятельности при НОА, чел.	3) возможное число погибших при НОА, чел.	4) условная вероятность эскалации аварии	5) кратность превышения индивидуального риска гибели персонала от аварий по сравнению со среднеотраслевым уровнем	6) условная вероятность гибели при аварии более 10 человек из числа третьих лиц	7) возможный аварийный разлив нефти и нефтепродуктов, т		8) возможный материальный ущерб при НОА, млн руб.
							на местности и во внутренних пресноводных водоемах	в море	
Чрезвычайно высокий риск аварии	Населенные пункты или места массового скопления людей	Более 1500	Более 50	Более 0,5	Более 10	Более 0,1	Более 1000	Более 5000	Более 500
Высокий риск аварии	Транспортные магистрали	От 300 до 1500	От 10 до 50	0,2–0,5	1–10	0,01–0,1	500–1000	1000–5000	50–500
Средний риск аварии	Постоянно находятся третьи лица	От 75 до 300	От 5 до 10	0,05-0,2	0,1–1	0,001–0,01	100–500	500–1000	10–50
Малый риск аварии	Эпизодически находятся третьи лица	До 75	До 5	Менее 0,05	Менее 0,1	Менее 0,001	До 100	До 500	Менее 10

Приложение № 7
к Руководству
Таблица 7-1

Дополнительные показатели риска

Обозначение показателя риска		Наименование	Единица измерения
Линейные объекты	Площадочные объекты		
$\Lambda_{мн}$	P_A	Интенсивность аварий/частота разгерметизации оборудования	год$^{-1}$
Λ_{1000}	–	Удельная интенсивность аварий	1/(1000 км·год)
–	$P_{Эф}$	Частота возникновения аварий, связанных с возникновением поражающего эффекта (взрыв, пожар или огненный шар)	год$^{-1}$
M_A	–	Средняя масса утечек опасных веществ при аварии	тонн
$\overline{m_A}$	m_A, m_a	Средняя масса потерь опасных веществ/средняя масса потерь опасных веществ при наиболее опасном и наиболее вероятном сценарии аварии	тонн
R_m	R_m	Ожидаемая масса потерь опасных веществ при аварии	т/год
R_{m1000}	–	Удельные ожидаемые потери опасных веществ при аварии	т/(1000 км·год)
$\overline{Y_A}$	Y_A, Y_a	Средний размер ущерба/средний размер ущерба при наиболее опасном и наиболее вероятном сценарии аварии	тыс. руб.
$R_{HC1}/R_{HC10}/R_{HC50}$	$R_{HC1}/R_{HC10}/R_{HC50}$	Частота гибели 1/10/50 и более человек при авариях (интенсивность возникновения крупных аварий с групповыми смертельными несчастными случаями)	год$^{-1}$
–	$N(N_г)/n(n_г)$	Возможное число потерпевших (в том числе погибших) при наиболее опасном (наиболее вероятном) сценарии аварии (в том числе среди персонала, населения и иных физических лиц)	чел.
МВКП$_л$	МВКП$_п$	Максимально возможное количество потерпевших (в том числе погибших) при авариях	чел.

Приложение № 8
к Руководству

Краткая характеристика рекомендуемых методов анализа риска

Рекомендуется использовать следующие методы анализа риска аварий:

1. Метод «Проверочного листа»[1] и метод «Что будет, если...?»[2];

2. Метод «Идентификации опасностей технологического объекта», далее — метод «Идентификация опасностей»[3];

3. Метод «Анализ вида и последствий отказов» и метод «Анализа вида, последствий и критичности отказа»[4];

4. Метод «Анализ опасности и работоспособности технологической системы (технологического блока)», далее — метод «Анализ опасности и работоспособности»[5];

5. Метод «Анализ дерева отказов»[6];

6. Метод «Анализ дерева событий»[7];

7. Метод «Анализ барьеров безопасности»;

8. Количественная оценка риска аварий[8].

Ниже представлена краткая характеристика рекомендуемых методов анализа риска аварий.

1. Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?» относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации ОПО требованиям промышленной безопасности.

Результатом применения метода «Проверочного листа» является составление перечня вопросов и ответов о соответствии анализируемого объекта требованиям промышленной безопасности с указанием мер по их обеспечению. Метод «Проверочного листа» отличается от «Что будет, если...?» более обширным представлением исходной информации и дополнением результатами о последствиях нарушений требований безопасности.

Эти методы наиболее просты, сопровождаются вспомогательными формами и унифицированными бланками, облегчающими на практике проведение анализа и представление результатов, не очень трудоемки, поскольку результаты могут быть получены одним специалистом в течение одного дня, и наиболее эффективны при исследовании ОПО с типовой технологией.

2. Метод «Идентификация опасностей» является качественным методом анализа опасностей технологических процессов, цель которого состоит в идентификации основных опасностей, опасных факторов и событий, которые могут нарушить эксплуатацию или нанести вред данному виду деятельности или всей технологической системе ОПО в целом.

Метод «Идентификация опасностей» рекомендуется выполнять на ранних стадиях разработки проектной документации в условиях недостатка или неполноты информации. Основными задачами метода являются:

---

[1] «Check-List» — здесь и далее в сносках данного приложения приводится оригинальное английское наименование и аббревиатура зарубежного аналога метода.

[2] «What — If».

[3] «HAZID» — HAZard Identification или «PHA» — Preliminary Hazard Analysis.

[4] «FMECA» — Failure Mode, Effects and Critical Analysis.

[5] «HAZOP» — HAZard and OPerability Study.

[6] «FTA» — Fault Tree Analysis.

[7] «ETA» — Event Tree Analysis.

[8] «QRA» — Quantitative Risk Assessment.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

выявление источников опасностей и определение последствий их реализации посредством анализа ОПО и его составных частей, с учетом особенностей технологии ОПО, инфраструктуры, площадки размещения ОПО, окружающей местности и расположения иных объектов;

описание выявленных опасностей и рекомендаций для использования их в последующих работах по анализу риска аварий;

выдача рекомендаций в целях дальнейшего их использования при выполнении проектных работ, на последующих стадиях, позволяющих устранить или смягчить воздействие опасных факторов на персонал, население, окружающую среду и технологическое оборудование.

При использовании метода «Идентификация опасностей» рекомендуется рассматривать следующие опасности (опасные факторы):

а) внешние воздействия (стихийные бедствия и другие факторы окружающей среды; антропогенные риски; инфраструктурные риски; опасности соседних объектов);

б) внутренние опасности (пожаро- и взрывоопасность; опасные технологические факторы; методы (принципы) контроля; вспомогательные инженерные системы, факторы технического обслуживания и ремонта);

в) опасности, связанные с персоналом (подбор, обучение и тренинг персонала; риск заболеваний, факторы опасности социального характера).

Рекомендуется составлять и уточнять перечень опасностей с учетом специфики ОПО. Результаты применения метода «Идентификация опасностей» рекомендуется оформлять в виде таблицы, в которой указывают опасные факторы, возможные опасности, объект воздействия, меры защиты и экспертную оценку приоритета (риска) каждой опасности. Пример представлен в табл. 8-1 (приложение № 8 к настоящему Руководству). Приоритет рассмотрения опасности (уровень риска) устанавливается с учетом применения матрицы «частота — тяжесть последствий» по упрощенной шкале: 1 — высокий (выше допустимого) риск; 2 — средний риск; 3 — низкий риск.

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица № 8-1

Пример таблицы метода «Идентификации опасностей»*

Название проекта: газотранспортный терминал
Название этапа: начальный этап проектирования
Группа: специалисты компаний АИНПР, НИИТП

Дата совещания: 08.04.2015
Председатель группы: Иванов И.И.

№ п/п	Опасный фактор (справочное слово)	Опасные события	Последствия	Профилактические мероприятия (меры защиты)	Приоритет (риск)	Примечание
I. Внешние воздействия						
1	Категория: опасности стихийных бедствий и вредных факторов окружающей среды					
1.1	Экстремальный климатический					
	Высокая и низкая температура	Потеря рабочих характеристик смазочных материалов, частей аппаратуры, образование пробок в линиях сброса газа. Разгерметизация трубопроводов и оборудования, выброс газа	Отказ оборудования, авария. Поражение, травмирование персонала. Материальный ущерб. Экономические потери	Выбор материалов, проработка стратегии технического обслуживания. Климатизация помещений, теплоизоляция оборудования, обогрев боксов. Укрытие от воздействия прямых солнечных лучей. Обогрев трубопроводов теплоспутниками	2	Проработать вопрос климатологии блок-боксов: инженерные решения по теплоизоляции оборудования и трубопроводов; отоплению
3	Категория: воздействие технологической системы терминала на окружающую местность					
3.1	Географиическое расположение, инфраструктура	Выброс опасных веществ в окружающую среду. Воздействие поражающих факторов аварии на объекты инфраструктуры	Загрязнение окружающей среды. Поражение персонала и населения. Материальный ущерб и экономические потери на других объектах инфраструктуры	Предусмотрено размещение терминала с учетом удаленности от объектов производственной и непроизводственной сферы и вне зон негативного воздействия на объекты окружающей среды	3	

* Фрагменты рабочей таблицы. (*Примеч.изд.*)

№ п/п	Опасный фактор (справочное слово)	Опасные события	Последствия	Профилактические мероприятия (меры защиты)	Приоритет (риск)	Примечание
II. Опасности на объекте (технологические риски)						
3	Категория: опасные технологические факторы					
3.1	Чрезмерный уровень	Переполнение дренажной емкости и сепараторов	Остановка технологического процесса. Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Использованы уровнемеры автоматического (с дистанционной сигнализацией) и визуального контроля	2	Рассмотреть вопрос защиты оборудования от переполнения во время АОР (HAZOP)
5	Категория: опасные факторы технического обслуживания					
5.1	Необходимость блокировки. Требуемые байпасы	Отказ оборудования	Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Проектными решениями предусмотрены автоматические блокировки и байпасные линии, обеспечивающие безостановочную подачу газа потребителям	2	
III. Опасности, связанные с персоналом						
1	Категория: опасности для здоровья					
1.1	Токсические, физические, другие опасные факторы производственной среды	Заболевание персонала на производственном объекте	Нетрудоспособность персонала. Нарушения технологического процесса. Экономические потери	Использование сертифицированного оборудования и средств индивидуальной защиты, подготовка и обучение персонала	3	

3. Метод «Анализ вида и последствий отказов» (далее — метод АВПО) применяется для качественного анализа опасностей отказов технических устройств в рассматриваемой технологической системе. Методом АВПО рассматриваются вид и причины отказа технических устройств, последствия воздействия отказа на технологическую систему ОПО и (или) составной части ОПО.

Метод АВПО может быть расширен до полуколичественного метода «Анализ вида, последствий и критичности отказа» (далее — метод АВПКО). В этом случае рекомендуется каждый вид отказа ранжировать с учетом двух аспектов критичности — вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа, уровни которых определяют приоритетность мер безопасности.

В табл. 8-2 приложения № 8 к настоящему Руководству приведена матрица «частота-тяжесть последствий», в которой буквенными индексами обозначены четыре уровня:

«А» — риск выше допустимого, требуется разработка дополнительных мер безопасности;

«В» — риск ниже допустимого при принятии дополнительных мер безопасности;

«С» — риск ниже допустимого при осуществлении контроля принятых мер безопасности;

«Д» — риск пренебрежимо мал, анализ и принятие дополнительных мер безопасности не требуется.

Таблица 8-2

Матрица «частота — тяжесть последствий»

Частота возникновения событий, год$^{-1}$		Тяжесть последствий событий			
		катастрофическое событие	критическое событие	некритическое событие	событие с пренебрежимо малыми последствиями
Частое событие	>1	A	A	A	C
Вероятное событие	$1–10^{-2}$	A	A	B	C
Возможное событие	$10^{-2}–10^{-4}$	A	B	B	C
Редкое событие	$10^{-4}–10^{-6}$	A	B	C	Д
Практически невероятное событие	$<10^{-6}$	B	C	C	Д

Рекомендуемая градация событий по тяжести последствий:

катастрофическое событие — приводит к нескольким смертельным исходам для персонала, полной потере объекта, невосполнимому ущербу окружающей среде;

критическое событие — угрожает жизни людей, приводит к существенному ущербу имуществу и окружающей природной среде;

некритическое событие — не угрожает жизни людей, возможны отдельные случаи травмирования людей, не приводит к существенному ущербу имуществу или окружающей среде;

событие с пренебрежимо малыми последствиями — событие, не относящееся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий.

Оценка частоты возникновения событий с определенными негативными последствиями проводится экспертно на основе данных по эксплуатации или с применением метода «Анализ дерева событий».

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Результаты применения метода АВПКО рекомендуется оформлять в виде таблиц, содержащих перечень оборудования, вид и причины возможных отказов, частоту, последствия, критичность, средства обнаружения неисправности (например, сигнализаторы, приборы контроля) и рекомендации по уменьшению опасности. Ранжирование отказов или иных событий по критериям вероятности — тяжести последствий рекомендуется проводить с учетом специфики каждого технического устройства.

Работы с применением методов АВПО, АВПКО рекомендуется выполнять группой специалистов из 3–7 человек, включая инженеров-технологов, инженеров-механиков, специалистов по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА), в течение нескольких дней или недель.

4. Метод «Анализа опасностей и работоспособности» (далее — метод АОР) является качественным методом и предназначен для исследования опасностей отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) и иных процедур (например, технического обслуживания) от регламентных режимов.

Рекомендуется применять метод АОР:

для ОПО или его составных частей с высоким уровнем капитальных затрат и сложности, применением новых технологий;

при разработке проектной документации на строительство, реконструкцию ОПО, документации на техническое перевооружение ОПО I и II классов опасности;

при обосновании безопасности ОПО;

после аварий (инцидентов) на ОПО, в целях проведения детального исследования используемой технологии, оборудования и систем автоматизации технологического процесса, выявления нарушений требований безопасности и достаточности предусмотренных мер защиты.

Для организации работ с применением метода АОР рекомендуется привлекать экспертную организацию, имеющую опыт выполнения таких работ и экспертов, аттестованных в области, связанной с анализом риска аварий. Работы с применением метода АОР рекомендуется выполнять группой специалистов из 5–10 человек, включая проектировщиков, инженеров-технологов, инженеров-механиков, специалистов автоматизированных систем управления технологическими процессами и КИПиА, специалистов по промышленной и пожарной безопасности, представителей заказчика и эксплуатирующей организации под руководством представителя независимой экспертной организации.

Метод АОР основан на систематизированном применении ключевых (управляющих) слов — комбинации технологических параметров («давление», «температура», «техническое обслуживание» и пр.) и их отклонений («нет», «больше», «меньше» и др.) для каждого узла (составной части ОПО) с использованием технологических схем и схем КИПиА. При этом для каждого узла определяется критичность отклонений, в случае недостаточности или отсутствия мер защиты вырабатываются рекомендации, устанавливаются сроки их выполнения и приоритет.

Рекомендуется применять следующие категории критичности отклонений:

высокая — запрещается переходить на следующую стадию проекта, не выполнив рекомендации высокой категории критичности;

средняя — рекомендация среднего уровня должна быть выполнена до начала пусконаладочных работ;

низкая — рекомендация должна быть выполнена до начала эксплуатации.

При выработке рекомендаций учитывают влияние отклонений на:

безопасность (т.е. отклонение может реально привести к аварии, поражению людей или инциденту);

окружающую среду (утечка, выброс опасных веществ, загрязнение);

эксплуатацию (нарушение технологического режима, остановка производства, убытки предприятия).

Результаты применения метода АОР рекомендуется оформлять в виде отчета, в котором указывается состав участников совещаний, на которых проводился анализ, ответственных за рассмотрение рекомендаций, описывается методология анализа опасностей, приводятся описание анализируемого объекта, возможные причины и последствия отклонений, а также меры защиты и рекомендации по уменьшению опасности или проведению дополнительных исследований.

В табл. 8-3 (приложение № 8 к настоящему Руководству) представлен фрагмент рабочей таблицы для резервуарного парка хранения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ).

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица № 8-3

Фрагмент рабочей таблицы метода АОР
для резервуаров парка хранения ШФЛУ (фрагмент результатов)

№ п/п	Ключевое слово	Причина	Последствия	Меры защиты	Рекомендации	Ответственный	Критичность
1	ПОТОК УВЕЛИЧЕНИЕ	Увеличение потока при аварийной разгерметизации трубопровода от резервуара(ов) до насосной	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: простой, потери	Предусмотрена остановка насосов по загазованности в насосной. По периметру каре установлены датчики загазованности, установлены камеры видеонаблюдения на площадках обслуживания на эстакаде	Регламентом, ПЛА, рабочими инструкциями определить действия обслуживающего персонала при обнаружении загазованности	Проектный институт, эксплуатирующая организация	НИЗКАЯ
2	ПОТОК НЕТ	Отсутствие потока азота при закрытой арматуре (б/н) рядом с обратным клапаном	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: остановка технологического процесса, потери	Уравнительная линия	Предусмотреть пломбирование в открытом состоянии арматуры (б/н) на линии подачи азота рядом с обратным клапаном	Проектный институт	СРЕДНЯЯ
3	ПОТОК НЕТ	Отсутствие потока при замерзании клапана регулятора (PV022) на линии сброса давления на факельный коллектор от уравнительной линии	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: потери продукции	Установлен ППК с давлением срабатывания 1,7 МПа. Мер недостаточно	Предусмотреть обогрев клапана регулятора (PV022) на линии сброса давления на факельный коллектор от уравнительной линии	Проектный институт	СРЕДНЯЯ

№ п/п	Ключевое слово	Причина	Последствия	Меры защиты	Рекомендации	Ответственный	Критичность
4	ДАВЛЕНИЕ УВЕЛИЧЕНИЕ	При увеличении давления в емкости система ПАЗ срабатывает раньше (отключение электрообогрева при 1,35 МПа, подача предупредительного (1,3 МПа) и аварийного (1,35 МПа) сигналов на АРМ оператора), чем клапан регулятор (PV022 — срабатывает при 1,4 МПа)	Безопасность: нет. Окружающая среда: нет. Эксплуатация: простой, потери	Нет	Определиться с критичностью давления при эксплуатации парка и с учетом критичности определить параметры срабатывания ПАЗ и ее воздействие на систему/ выдачу сигнала на сигнализацию	Проектный институт	СРЕДНЯЯ
5	ДАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЕ	Снижение давления в резервуаре ниже давления паров при рабочих температурах	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: простой, потери	Проектом предусмотрено наличие уравнительной линии и отключение насосной при достижении давления 0,25 МПа по сигналу от двух независимых датчиков. В соответствии с опросным листом на оборудование давление паров при рабочих температурах составляет от 0,3 до 1,0 МПа	Подтвердить уставку на отключение насосов по давлению. Рассмотреть необходимость введения корректировки уставки на отключение насосов по давлению с учетом температуры ШФЛУ или возможность ликвидации данного контура	Проектный институт	

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Результаты применения метода АОР рекомендуется использовать при разработке систем противоаварийной защиты, в том числе ПАЗ, и выборе ее элементов.

Для каждого опасного события, выявленного методом АОР (например, превышение давления в сосуде), для которого целесообразно его предотвращение с помощью системы ПАЗ (функция безопасности), рекомендуется определить требуемый уровень надежности* соответствующего контура ПАЗ — цепи от устройств, инициирующих контур ПАЗ (датчик, параметрическое реле, кнопка аварийного останова и т.п.), до исполнительных механизмов (привод запорного клапана, сбросное устройство, сборка отключения напряжения и т.п.).

Требования к контурам системы ПАЗ в зависимости от полученной величины уровня надежности приведены в табл. 8-4 (приложение № 8 к настоящему Руководству).

Таблица 8-4

Требования к контурам системы ПАЗ в зависимости от полученной величины уровня надежности

Требуемый уровень надежности контуров ПАЗ	Средняя вероятность отказа на запрос	Комментарии по применению ПАЗ
Выше 4	Менее 10^{-5}	Системы ПАЗ недостаточно. Требуется изменение проектных решений для снижения риска
4	10^{-5} и более, но менее 10^{-4}	Реализуется дорогостоящая система ПАЗ. Требуется экономическое обоснование или изменение проектных решений для снижения риска
3	10^{-4} и более, но менее 10^{-3}	Реализуется система ПАЗ с учетом указанной средней вероятности отказа
2	10^{-3} и более, но менее 10^{-2}	Реализуется система ПАЗ с учетом указанной средней вероятности отказа
1	10^{-2} и более, но менее 10^{-1}	Реализуется система ПАЗ с учетом указанной средней вероятности отказа
Ниже 1	–	Реализация системы ПАЗ нецелесообразна

При определении уровня надежности рекомендуется учитывать результаты оценки риска, в том числе тяжесть последствий; вероятность предупреждения опасного события; частоту и длительность пребывания людей в опасной зоне; вероятность опасного события (частоты запросов, срабатывания).

При необходимости уменьшения требований к системам ПАЗ рекомендуется рассматривать использование дополнительных мер безопасности (сигнализация, предохранительные клапаны, мембраны, легкосбрасываемые панели, обвалование, огнезащитные покрытия, взрывоустойчивое исполнение здания и т.п.).

5. Метод «Анализа дерева отказов» (метод АДО) предназначен для качественного или количественного анализа комбинации отказов технических устройств, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к аварии на ОПО. Метод АДО используется для анализа возможных причин возникновения аварии и расчета ее частоты (на основе знания частот исходных событий).

Структура дерева отказов включает одно головное событие (как правило, это авария и (или) инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий). Для связи между событиями в «узлах» деревьев

* SIL — Safety Integrity Level.

используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события). Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

При анализе дерева отказа рекомендуется определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии (минимальное пропускное и отсечное сочетания соответственно).

Минимальные пропускные сочетания — это набор исходных событий, предпосылок, обязательное (одновременное) возникновение которых достаточно для появления головного события (аварии).

Минимальные отсечные сочетания — набор исходных событий, который гарантирует отсутствие головного события при условии невозникновения ни одного из составляющих этот набор событий.

Пример дерева отказов для сценария развития аварийной ситуации на химическом реакторе для оценки вероятности сброса опасных веществ в атмосферу через предохранительный клапан (далее — ПК) приведен на рис. 8-1 приложения № 8 к настоящему Руководству.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

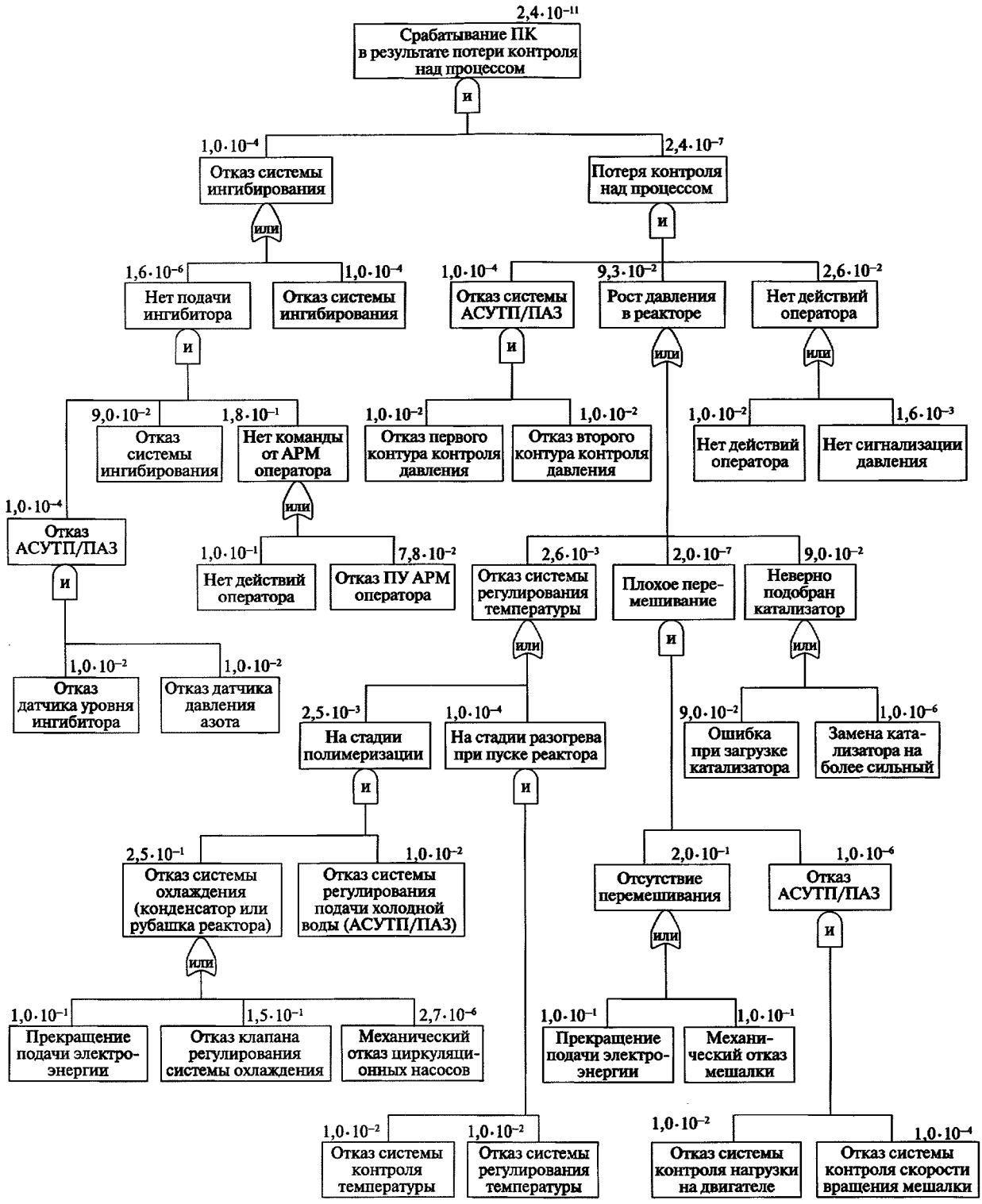


Рис. 8-1. Пример дерева отказов для химических реакторов

Из приведенного дерева отказов следует, что для потери контроля над технологическим процессом и выброса опасного вещества в атмосферу с ПК должно произойти множество событий, основные из которых перечислены ниже.

Согласно дереву отказов для выброса опасного вещества необходим не только подъем давления в реакторе по причине отказа систем регулирования температуры и контроля перемешивания, нарушений при подготовке каталитической смеси, а также отказа АСУТП. Кроме этого должен произойти отказ системы ингибирования, для чего должно произойти следующие события:

недостаточно ингибитора из-за отказа датчиков уровня в емкости хранения ингибитора;

недостаточное давление в системе азота из-за отказа системы регулирования давления;

отказ системы ПАЗ;

непринятие или ошибочность действий оператором при поступлении сигнала о достижении максимально допустимого давления в реакторе.

Согласно расчету вероятность потери контроля над процессом и неконтролируемого роста давления с последующим срабатыванием ПК на одном реакторе указывает на пренебрежимо малый риск выброса опасных веществ в атмосферу при предусмотренных мерах безопасности.

6. Метод «Анализа дерева событий» (метод АДС) — количественный или полуколичественный метод, включающий построение последовательности событий, исходящих из основного события, как правило, аварии ОПО. Метод АДС используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией оборудования с горючим веществом в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения вещества).

Пример дерева событий при разрыве сосудов под давлением (СРД) представлен на рис. 8-2 приложения № 8 к настоящему Руководству. На рисунке обозначено: исходная величина — частота разгерметизации, год$^{-1}$, на ветвях указаны условные вероятности промежуточных событий, крайние значения — частоты конечных событий, год$^{-1}$. Значение частоты возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.

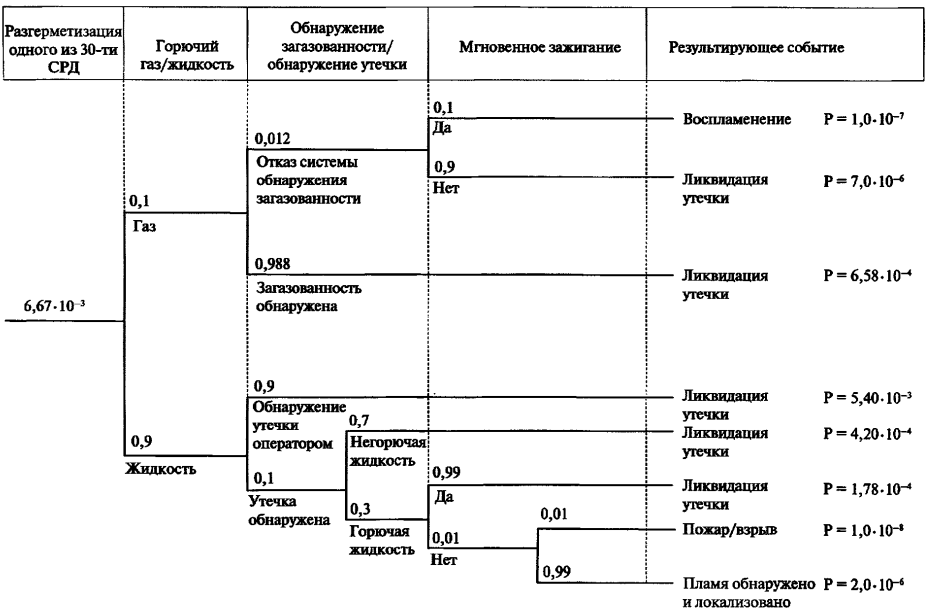


Рис. 8-2. Пример дерева событий для случая разгерметизации сосудов, работающих под давлением

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

7. Метод «Анализ барьеров безопасности» (метод АББ) применяется в целях качественного или количественного обоснования и оценки эффективности мер безопасности. «Барьеры» — это технические и организационные меры безопасности. Барьеры могут быть техническими (клапаны, запорная арматура, перегородки и т.д.) и организационными (диагностирование, экспертиза, подготовка персонала, производственный контроль и т.д.).

Наглядное отображение барьеров безопасности и опасностей, связанных с причинами возникновения опасного события (выброс опасного вещества) и развитием аварийной ситуации, показано на рис. 8-3 приложения № 8 к настоящему Руководству.

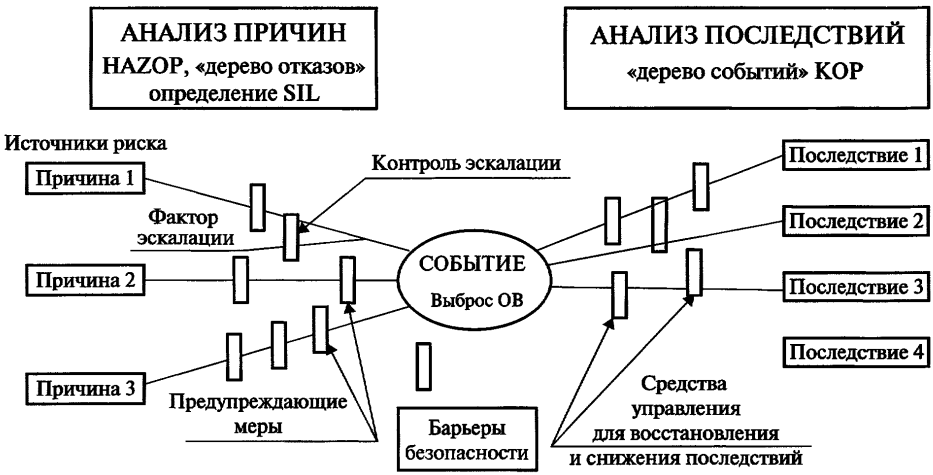


Рис. 8-3. Пример отображения применения метода АББ

Основное достоинство метода АББ заключается в системности и наглядности анализируемых мер безопасности, непосредственно связанных со стадиями возникновения и развития аварийного процесса. Для количественной оценки эффективности барьеров безопасности рекомендуется использовать метод АДО и метод АДС.

8. Количественная оценка риска аварий характеризуется расчетом нескольких показателей риска и может также включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты). Результаты количественной оценки риска аварий могут существенно зависеть от допущений используемых моделей аварийного процесса, выбора сценариев аварии и исходной информации, в том числе достоверности данных по частотам отказов и аварий, данных по надежности оборудования.

При оценке риска аварий с выбросами опасных веществ рекомендуется проанализировать последствия аварий для различных сценариев, в том числе:

аварий с наиболее тяжелыми последствиями — как наиболее неблагоприятного варианта развития аварии и, как правило, наименее вероятного. Такие сценарии характеризуются частичным полным или (например, при образовании протяженной трещины) разрушением единичного емкостного оборудования с максимальным выбросом опасного вещества, а также с возможностью эскалации аварии на соседние установки объекта и достижения максимального ущерба и максимального количества пораженных;

наиболее вероятных аварий — вариантов развития аварии с менее тяжелыми последствиями, но более вероятными условиями развития аварии, а также тех сценариев

аварий, которые наиболее полно характеризуют имеющиеся опасности и специфику объекта. Такие сценарии связаны с разрывом технологических трубопроводов или частичным разрушением емкостного оборудования с утечкой опасных веществ из отверстий диаметром от 10–30 мм и распространением опасных веществ при метеоусловиях, наиболее вероятных для данной местности.

Количественная оценка риска аварий позволяет оценивать и сравнивать различные опасности и ОПО по единым показателям и наиболее эффективна:

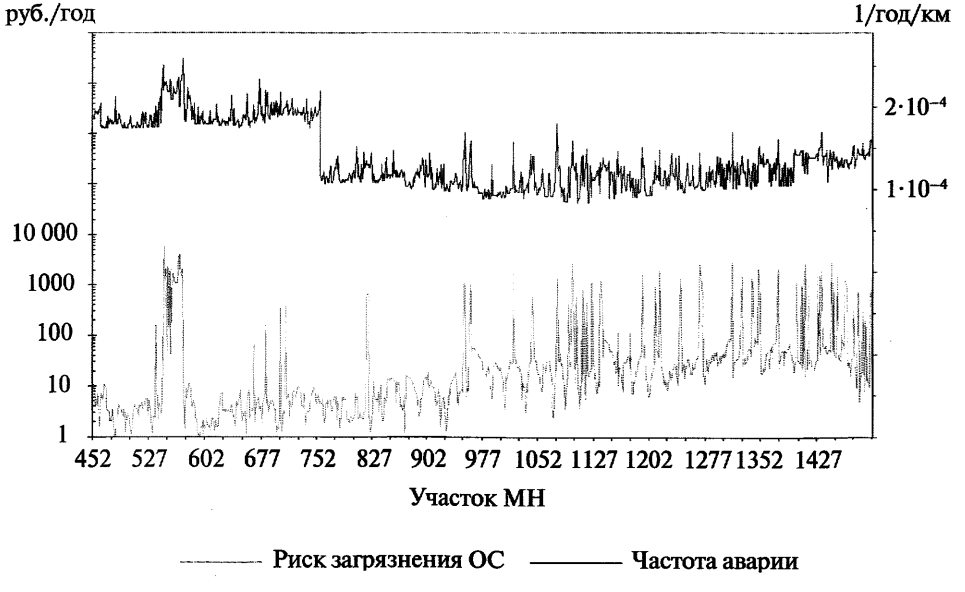
на стадии проектирования и размещения ОПО;

при обосновании и оптимизации мер безопасности;

при оценке опасности крупных аварий на ОПО, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);

при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

На рис. 8-4.1, 8-4.2 приложения № 8 к настоящему Руководству представлен пример результатов расчета показателей риска на магистральных нефтепроводах: распределение частоты аварии, риск загрязнения окружающей среды и материальных потерь нефти вдоль трассы магистрального нефтепровода, а также ранжирование ОПО по удельным материальным потерям нефти.



© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

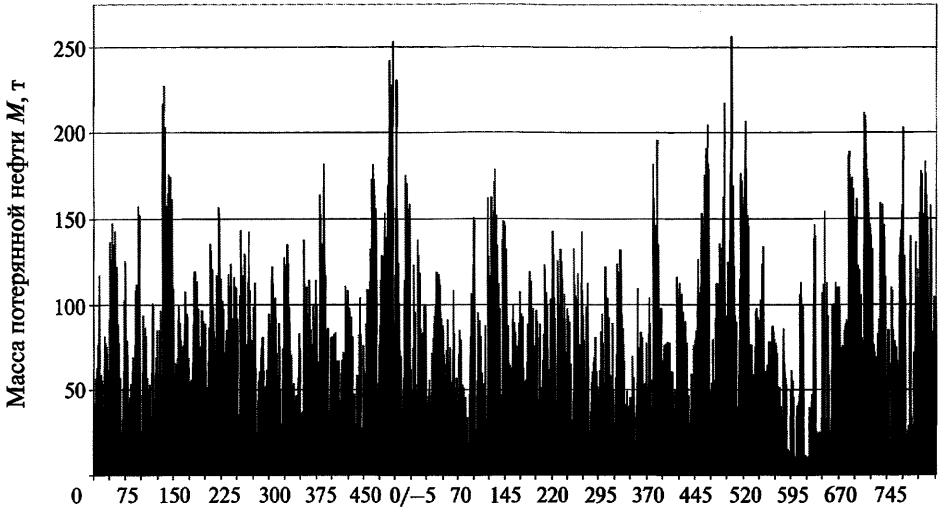


Рис. 8-4.1. Пример распределения показателей риска по трассе магистрального нефтепровода (км) и ранжирования ОПО



Рис.8-4.2 Ранжирование ОПО по удельным материальным потерям нефти

Результаты количественной оценки риска аварий могут быть использованы при обосновании условий страхования ответственности и планирования мер безопасности.

9. Рекомендации по выбору методов анализа риска аварий для различных видов деятельности и основных стадий жизненного цикла ОПО представлены в табл. 8-5 (приложение № 8 к настоящему Руководству).

В табл. 8-5 (приложение № 8 к настоящему Руководству) приняты следующие обозначения:

«0» — наименее подходящий метод анализа;

«+» — рекомендуемый метод;

«++» — наиболее подходящий метод.

Методы анализа могут применяться отдельно или в различной комбинации, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска аварий (в основном полученные по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы «частота — тяжесть последствий»). Рекомендуется при проведении количественной оценки риска аварий ОПО использовать также качественные методы.

Таблица 8-5

Рекомендации по выбору методов анализа риска аварий

Метод	Стадии жизненного цикла ОПО				
	Размещение ОПО (предпроектные работы)	Проектирование	Ввод /вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Консерация
Проверочный лист	+	+	+	+	+
Что будет, если...?	0	+	++	++	+
Идентификация опасностей	++	+	0	0	0
Анализ опасностей и работоспособности	+	++	+	+	0
Анализ видов и последствий отказов	+	++	+	+	0
Анализ деревьев отказов	0	++	+	+	0
Анализ деревьев событий	0	++	+	+	0
Анализ барьеров безопасности	+	++	+	+	+
Количественная оценка риска аварий	++	++	+	+	+

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

По вопросам приобретения
нормативно-технической документации
обращаться по тел./факсам:
(495) 620-47-53 (многоканальный)
E-mail: gost.e-ecolog.ru

Подписано в печать 10.09.2015. Формат 60×84 1/8.
Гарнитура Times. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем 7,0 печ. л.
Заказ № 876.
Тираж 20 экз.

Подготовка оригинал-макета и печать
Закрытое акционерное общество
«Научно-технический центр исследований
проблем промышленной безопасности»
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 14

gost.e-ecolog.ru