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



Серия 27

Декларирование промышленной безопасности и оценка риска

Выпуск 12

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ»

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 12

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ «МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ»

Москва
ЗАО НТЦ ПБ
2015

ББК 30н
Р85

Р85 **Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей». Серия 27. Выпуск 12.** — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015. — 52 с.

ISBN 978-5-9687-0677-5.

Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» разработано в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» и «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта».

В разработке Руководства принимали участие Б.А. Красных, Г.М. Селезнев, И.С. Ясинский (Ростехнадзор), А.С. Печеркин, М.В. Лисанов, Д.В. Дегтярев, А.В. Савина (ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности»), С.И. Сумской (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»).

Руководство содержит рекомендации к количественной оценке риска аварий для обеспечения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструкции, эксплуатации, консервации и ликвидации технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей.

ББК 30н

ISBN 978-5-9687-0677-5



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

СОДЕРЖАНИЕ

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 сентября 2015 г. № 366 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» 5
Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» 6
I. Общие положения 6
II. Общие рекомендации по оценке риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей 7
III. Планирование и организация работ 8
IV. Идентификация опасностей аварий 9
V. Оценка риска аварий 11
VI. Определение степени опасности технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, и их участков 14
VII. Рекомендации по снижению риска аварий 16
Приложение № 1. Сокращения 19
Приложение № 2. Термины и определения 20
Приложение № 3. Исходная информация, необходимая для оценки степени риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей 22

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 4. Рекомендации по выделению типовых сценариев аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей 26
Приложение № 5. Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей 40
Приложение № 6. Рекомендуемый порядок расчета истечения пожаровзрывоопасных жидкостей из разрушенных технологических трубопроводов 43
Приложение № 7. Методические документы для оценки возможных последствий аварий 46
Приложение № 8. Условные вероятности воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ с учетом размещения источников зажигания 47

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

ПРИКАЗ

17 сентября 2015 г. № 366

Москва

Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей»

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 :

Утвердить прилагаемое Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей».

Руководитель **А.В. Алёшин**

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 17 сентября 2015 г. № 366

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

«Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей»

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» (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), и 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).

2. Руководство распространяется на технологические трубопроводы, эстакады, средства транспортирования, связанные с перемещением взрывопожароопасных жидкостей внутри промышленных площадок опасных производственных объектов (ОПО).

3. Настоящее Руководство содержит рекомендации к количественной оценке риска аварий для обеспечения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструк-

ции, эксплуатации, консервации и ликвидации технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей.

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

5. В настоящем Руководстве используются сокращения, а также термины и определения, приведенные в приложениях № 1 и 2 к настоящему Руководству.

II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

6. Основные методические принципы и общие рекомендации к процедуре анализа опасностей и оценки риска аварий установлены в Руководстве по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденном приказом Ростехнадзора от 13 мая 2015 г. № 188 (далее — Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах).

7. Общая процедура оценки риска включает: анализ опасностей, планирование и организацию работ, идентификацию опасностей, определение степени опасности технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей и (или) их участков, разработку рекомендаций по уменьшению рисков.

8. Исходные данные, сделанные допущения и предположения, результаты оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, должны быть обоснованы и документально зафиксированы в объеме, достаточном для того, чтобы выполненные расчеты и

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

выводы могли быть повторены и проверены в ходе независимого аудита или экспертизы.

9. Форма представления и содержание отчетов по оценке риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, должны соответствовать документам по оформлению в области, соответствующей области их применения. Общие рекомендации к оформлению результатов оценки риска аварий приведены в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

III. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

10. На этапе «Планирование и организация работ» рекомендуется конкретизировать цели проведения оценки риска аварий на ОПО, определить полноту, детальность и ограничения планируемой процедуры по оценке риска аварий, выбрать показатели риска и установить критерии допустимого (приемлемого) риска.

11. Основанием к выбору показателя и определению критерия допустимого (приемлемого) риска аварий является его обоснованность и определенность. Показатели и критерии допустимого и приемлемого риска следует определять исходя из совокупности условий, включающих требования промышленной безопасности и уровень имеющейся опасности аварий, характеризуемый фоновыми показателями риска аварий.

12. Для оценки опасности аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, могут использоваться показатели, характеризующие возможное число пострадавших и погибших при авариях, ущерб от возможных аварий, а также показатели риска гибели людей и риска причинения материального и экологического ущерба в интегральных и удельных (на единицу длины протяженного технологического трубопровода) показателях. Полный перечень показателей опасности аварий приведен в Методических основах по проведе-

нию анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Перечень рассчитываемых показателей риска аварий определяется соответствующими задачами оценки риска аварий на ОПО.

13. Интегральные показатели риска аварий рекомендуется представлять в виде значений, рассчитанных для каждого участка (составной части) анализируемого технологического трубопровода или для всего ОПО.

14. При принятии решения о размещении технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, на этапе проектирования рекомендуется рассматривать следующие основные количественные показатели риска аварий: потенциальный риск гибели человека $R_{пот}$, социальный риск (*FN*-кривая), частота эскалации аварий.

15. Для оценки риска аварий на этапе эксплуатации технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, для принятия организационно-технических мер обеспечения безопасности рекомендуется рассматривать следующие основные количественные показатели риска аварий: индивидуальный риск $R_{инд}$, коллективный риск $R_{колл}$, социальный риск (*FN*-кривая).

16. Рассчитанные показатели риска аварий используются для ранжирования участков (составных частей) технологического трубопровода по степени опасности и обоснования приоритетов в мероприятиях по обеспечению безопасного функционирования технологического трубопровода (риск-ориентированный подход).

IV. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ АВАРИЙ

17. Основная задача идентификации опасностей аварий — выявление и четкое описание всех источников опасностей аварий (участков и составных частей анализируемого технологического трубопровода, на которых обращаются опасные вещества) и сценариев их реализаций.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

18. На этапе «Идентификация опасностей аварий» рекомендуется:

а) провести сбор и оценку достоверности исходной информации, необходимой для оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей. Исходная информация, необходимая для оценки степени риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, приведена в приложении № 3 к настоящему Руководству;

б) произвести деление анализируемого объекта на участки (составные части);

в) провести анализ условий возникновения и развития аварий, определить группы характерных сценариев аварий.

19. На технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, в качестве участков (составных частей) рекомендуется рассматривать выделенные по технологическому или административно-территориальному принципу участки технологических трубопроводов, сливоналивные эстакады, транспортные пути перевозки взрывопожароопасных жидкостей (внутри промплощадок).

20. При анализе причин возникновения аварийных ситуаций на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, рекомендуется рассматривать отказы (неполадки) технических устройств, ошибочные или несвоевременные действия персонала, внешние воздействия природного и техногенного характера с учетом:

а) отказов технических устройств, связанных с типовыми процессами, физическим износом, коррозией, выходом технологических параметров на предельно допустимые значения, прекращением подачи энергоресурсов (электроэнергии, пара, воды, воздуха), нарушением работы систем и (или) средств управления и контроля;

б) ошибочных действий персонала, связанных с отступлением от установленных параметров технологического регламента веде-

ния производственного процесса, нарушением режима эксплуатации производственных установок и оборудования, недостаточным контролем (или отсутствием контроля) за параметрами технологического процесса;

в) внешних воздействий природного и техногенного характера, связанных с землетрясениями, паводками и разливами, несанкционированным вмешательством в технологический процесс, диверсиями или террористическими актами, авариями или другими техногенными происшествиями на соседних объектах.

21. Рекомендации по выделению типовых сценариев аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, приведены в приложении № 4 к настоящему Руководству.

V. ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ

22. Количественная оценка риска аварий включает оценку частоты возможных сценариев аварий, оценку возможных последствий по рассматриваемым сценариям аварий, расчет показателей риска аварий.

23. Частоту разгерметизации оборудования (технических устройств) рекомендуется оценивать согласно Методическим основам по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Частота аварийной разгерметизации типового оборудования на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, приведена в приложении № 5 к настоящему Руководству.

24. Для оценки частот разгерметизации сложных технических устройств рекомендуется использовать метод анализа деревьев отказов (ГОСТ Р 27.302–2009 «Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей»), построение моделей отказов (ГОСТ Р 27.004–2009 «Надежность в технике. Модели отказов») с анализом их последствий (ГОСТ Р 51901.12–2007 «Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов»).

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

25. Для определения условной вероятности сценария аварий рекомендуется использовать метод построения деревьев событий в соответствии с Методическими основами по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

26. При определении сценариев на последних этапах развития аварий рекомендуется учитывать сочетание последовательных сценариев или «эффект домино».

27. Оценка возможных последствий аварий проводится по результатам определения вероятных зон действия поражающих факторов и причиненного ущерба от аварий (в первую очередь количества пострадавших и погибших).

28. Зоны действия поражающих факторов определяются на основе:

а) оценки количества опасного вещества, участвующего в создании поражающих факторов аварии;

б) расчета количественных параметров, характеризующих действие поражающих факторов (давление и импульс для ударных волн, интенсивность теплового излучения для пламени, размеры пламени и зоны распространения высокотемпературной среды при термическом воздействии, дальность дрейфа облака ТВС до источника зажигания);

в) сравнения рассчитанных количественных параметров с критериями поражения (разрушения).

29. Для определения количества опасного вещества, участвующего в аварии, рекомендуется учитывать деление технологического оборудования и трубопроводов на изолируемые запорной арматурой секции (участки); интервал срабатывания отсекающих устройств; влияние волновых гидродинамических процессов на режим истечения опасного вещества для протяженных трубопроводных систем (длиной более 500 м).

30. Массу аварийного выброса опасных веществ рекомендуется определять с учетом перетоков от соседних аппаратов (участков) в течение времени обнаружения выброса и перекрытия запорной арматуры (задвижек) с учетом массы стока вещества из отсечен-

ного блока (трубопровода). При отсутствии достоверных сведений о массе аварийного выброса время обнаружения выброса и перекрытия задвижек рекомендуется принимать равным 600 секундам в случае наличия средств противоаварийной защиты и системы обнаружения утечек и 1800 секундам в случае их отсутствия.

31. Рекомендуемый порядок расчета истечения пожаровзрывоопасных жидкостей из разрушенных технологических трубопроводов приведен в приложении № 6 к настоящему Руководству.

32. Оценку возможных последствий аварий рекомендуется проводить на основе методических документов, указанных в таблице № 7-1 приложения № 7 к настоящему Руководству.

33. Для расчета размеров зон поражения людей и разрушения зданий, сооружений рекомендуется использовать критерии поражения, приведенные в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

34. Для оценки количества погибших при пожарах в помещениях (в том числе от отравления токсичными продуктами горения) с учетом их эвакуации рекомендуется использовать методы определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара и расчетного времени эвакуации, описанные в приложении № 5 к Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404.

35. Число пострадавших от аварий определяется числом людей, оказавшихся в превалирующей зоне действия поражающих факторов (исходя из принципа «поглощения большей опасностью всех меньших опасностей»). Порядок расчета ожидаемого числа пострадавших приведен в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

36. Величина ожидаемого ущерба при аварии определяется в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах (РД 03-496–02),

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 29 октября 2002 г. № 63.

37. При оценке опасности каскадного развития аварий («эффект домино») следует учитывать критерии устойчивости оборудования, зданий, сооружений, приведенные в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

38. При определении условных вероятностей воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ с учетом размещения источников зажигания рекомендуется учитывать размещение источников зажигания по близлежащей территории (приложение № 8 к настоящему Руководству).

39. При отсутствии сведений о распределении источников воспламенения и вероятности зажигания облака расчет зон поражения при взрыве облаков ТВС рекомендуется выполнять из условия воспламенения облака в момент времени, когда облако ТВС достигает наибольшей массы, способной к воспламенению.

40. Расчет количественных показателей риска аварий осуществляется по алгоритмам, изложенным в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ, И ИХ УЧАСТКОВ

41. Для установления степени опасности аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, определения их наиболее опасных участков (составных частей) проводятся сопоставительные сравнения рассчитанных значений показателей риска аварий с:

значениями риска аварий на других участках (составных частях) технологического трубопровода;

фоновым риском аварий (среднеотраслевым риском аварий для аналогичных объектов или с фоновым риском гибели людей в техногенных происшествиях);

допустимым уровнем риска аварий, установленным в нормативных документах, или с требующимся уровнем риска аварий, обоснованным на этапе планирования и организации работ;

значениями риска аварий до и после возможных и фактических отступлений от требований промышленной безопасности, а также до и после возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий.

Необходимость и полнота сравнительных оценок определяются задачами анализа риска.

42. Рекомендуемый порядок и основные способы установления степени опасности аварий на ОПО, ранжирования составных элементов ОПО по степени опасности и определения наиболее опасных составных элементов ОПО, сравнения рассчитанных значений риска аварий с соответствующим допустимым или фоновым уровнем, а также использования результатов анализа риска для обоснования безопасности ОПО приведены в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

43. При определении степени опасности технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, приоритетными являются относительные сопоставления характерных опасностей по показателям риска аварий, а не оценка соответствия рассчитанных значений риска аварий требуемым абсолютным уровням риска аварий.

44. Определение степени опасности технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, их наиболее опасных участков (составных частей) необходимо для разработки обоснованных адресных рекомендаций по снижению риска аварий на ОПО.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

VII. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА АВАРИЙ

45. Разработка рекомендаций по снижению риска аварий является заключительным этапом процедуры оценки риска аварий. Рекомендации должны основываться на результатах идентификации опасностей аварий, количественной оценке риска аварий и определении степени опасности участков технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей.

46. Рассчитанные показатели риска аварий на участках технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, используются для обоснования приоритетов в мероприятиях по оптимальному обеспечению безопасного функционирования ОПО в условиях опасности возможного возникновения промышленных аварий (риск-ориентированный подход).

47. Необходимость разработки рекомендаций по снижению риска аварий определяется ранжированием участков (составных частей) на участках технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, по степени опасности и обусловлена имеющимися ресурсами на внедрение дополнительных мероприятий (мер, групп мер) обеспечения безопасности технического и (или) организационного характера.

48. Рекомендации по снижению риска аварий разрабатываются в форме проектных решений или планируемых мероприятий (мер, групп мер) обеспечения безопасности технического и (или) организационного характера.

49. Для оценки эффективности возможных мер (групп мер) обеспечения безопасности решают следующие альтернативные оптимизационные задачи:

а) при заданных ресурсах выбирают оптимальную группу мер безопасности, обеспечивающих максимальное снижение риска аварий на ОПО;

б) минимизируя затраты, выбирают оптимальную группу мер безопасности, обеспечивающих снижение риска аварий до зна-

чений, исключающих долгосрочную эксплуатацию чрезвычайно опасных участков ОПО.

50. В рамках риск-ориентированного подхода можно выделить две группы мер обеспечения безопасности:

организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение вероятности аварий;

меры, направленные на смягчение тяжести последствий аварий.

51. Меры по уменьшению вероятности возникновения аварий включают:

а) меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента (разгерметизации оборудования);

б) меры по уменьшению вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию (появление поражающих факторов).

52. Меры по уменьшению тяжести последствий аварий имеют следующие приоритеты:

а) меры, предусматриваемые при проектировании ОПО (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры);

б) меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов);

в) меры, касающиеся готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий.

53. Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов опасных веществ (уменьшение вероятности аварий) на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, следует отметить:

применение материалов повышенной прочности, повышение толщины стенки сосудов и трубопроводов;

использование защитных кожухов;

повышенную частоту диагностики, испытаний на прочность и герметичность;

повышение чувствительности и надежности систем контроля технологических процессов и блокировок.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

54. Среди решений, направленных на уменьшение тяжести последствий аварий, выделяют:

установление безопасных расстояний до мест скопления персонала (сокращение времени пребывания персонала в опасной зоне);

ограничение площадей возможных аварийных разливов за счет возведения инженерных сооружений (системы аварийных лотков, дренажных емкостей);

планировочные решения, исключающие эскалацию аварий;

повышение взрывозащищенности зданий и сооружений на территории ОПО;

установку датчиков загазованности;

информирование персонала об опасностях аварий.

Приложение № 1
к Руководству

Сокращения

В настоящем Руководстве используются следующие сокращения:

КИПиА — контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОПО — опасный производственный объект;

ТВС — топливно-воздушная смесь.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 2
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;

взрыв — неконтролируемый быстропротекающий процесс выделения энергии, связанный с физическим, химическим или физико-химическим изменением состояния вещества, приводящий к резкому динамическому повышению давления или возникновению ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов, способных привести к разрушительным последствиям;

взрывопожароопасные жидкости — легковоспламеняющиеся и горючие жидкости;

дерево отказов — логическая схема причинно-следственных закономерностей возникновения аварии, показывающая последовательность и сочетание различных событий (отказов, ошибок, нерасчетных внешних воздействий), возникновение которых может приводить к разгерметизации и последующей аварийной ситуации;

дерево событий — графическое отображение причинно-следственных закономерностей развития аварии по отдельным сценариям (например, аварии с разгерметизацией оборудования в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения взрывопожароопасного вещества). Частота каждого сценария развития аварии рассчитывается путем умножения частоты инициирующего события на условную вероятность конечного события;

опасные вещества — воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества и вещества, представляющие опасность для окружающей природной сре-

ды, указанные в приложении 1 к Федеральному закону от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

поражающий фактор аварии — термическое, барическое (ударно-волновое), токсическое и иное воздействие, проявляющееся при возникновении аварии и способное привести к ущербу;

сценарий аварии — последовательность отдельных логически связанных событий, обусловленных конкретным инициирующим (исходным) событием, приводящих к определенным опасным последствиям аварии;

эскалация аварии («эффект домино») — возникновение аварии на сооружении (технологической установке) ОПО с выбросом опасного вещества вследствие аварии на ином (соседнем) сооружении (технологической установке).

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 3
к Руководству

Исходная информация, необходимая для оценки степени риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей

Сбор исходной информации, необходимой для анализа риска, осуществляется с использованием имеющихся документов, в том числе предпроектных, проектных, эксплуатационных документов, материалов инженерных изысканий и других документов.

При выполнении оценки степени риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, первоочередными источниками исходных данных являются результаты проведения оценки технического состояния ОПО на соответствие требованиям нормативных технических документов.

Типовой перечень основной исходной информации, необходимой для проведения работ по оценке степени риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, включает[1]:

а) генеральный план расположения технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей.

Планы расположения технологических трубопроводов следует представлять с прилегающей территорией до 1000 м. Планы расположения основного технологического оборудования, зданий и сооружений следует представлять с экспликацией с указанием высотных отметок или нанесенными изолиниями;

б) данные о численности, сменности персонала (численность в максимальную (дневную) и минимальную (ночную) смены) и его размещении по зданиям, сооружениям, производственным площадкам (в соответствии с экспликацией);

[1] Перечень может быть уточнен, расширен в соответствии с проектной и эксплуатационной документацией.

в) перечень иных объектов эксплуатирующей организации, объектов сторонних предприятий (организаций), населенных пунктов, мест отдыха, транспортных путей, расположенных на расстоянии до 1000 м от объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, с указанием их расположения и численности работающих (проживающих);

г) краткое описание технологического процесса. Технологические схемы с указанием потоков, задвижек и средств КИПиА. Давление, расход и температура перекачиваемых взрывопожароопасных жидкостей;

д) перечень технологического оборудования для перемещения взрывопожароопасных жидкостей, его характеристика:

диаметр, протяженность технологических трубопроводов, высотный профиль трубопроводных эстакад;

характеристики и расположение трубопроводной арматуры;

характеристики сливоналивных эстакад (протяженность, производительность налива, количество одновременно разгружаемых (загружаемых) цистерн);

протяженность железнодорожных путей и автодорог для перевозки взрывопожароопасных жидкостей.

Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, следует представлять в виде таблицы, аналогичной таблице № 3-1.

Таблица № 3-1

Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества

Номер позиции по плану расположения	Наименование оборудования, материал	Количество, шт.	Расположение	Назначение	Техническая характеристика

е) данные о распределении опасных веществ по оборудованию и трубопроводам площадочных объектов — аппаратам (емкостям),

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

трубопроводам, с указанием максимального количества в единичной емкости или участке трубопровода наибольшей вместимости. Вместимость цистерн и общий грузооборот взрывопожароопасных жидкостей следует представлять в виде таблицы, аналогичной таблице № 3-2. Следует рассматривать смежное оборудование (резервуары, емкости) для учета возможности поступления пожаровзрывоопасных жидкостей из сопряженных блоковЖ

Таблица № 3-2

Данные о распределении опасных веществ по оборудованию и трубопроводам площадочных объектов

Технологический блок, оборудование			Количество опасного вещества, т		Физические условия содержания опасного вещества		
Номер блока	Наименование оборудования, № по схеме, опасное вещество	Количество единиц оборудования, шт.	в единице оборудования	в блоке	Агрегатное состояние	Давление, МПа	Температура, °С

ж) основные характеристики опасных веществ. Для взрывопожароопасных жидкостей следует указать следующие характеристики:

компонентный состав (при условиях хранения (транспортировании);

физические свойства (молекулярный вес, плотность, температура кипения, вязкость, давление насыщенных паров);

данные о взрывопожароопасности (пределы взрываемости, температура вспышки и самовоспламенения);

данные о токсичности (предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе; летальная и пороговая токсодозы);

з) средства автоматизации и контроля технологических процессов на трубопроводах и сливоналивных эстакадах. Описание систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств противоаварийной защиты, а также системы обнаружения утечек включают:

чувствительность и время срабатывания системы обнаружения аварийных утечек в зависимости от объема (или расхода) аварийной утечки;

тип и время перекрытия потока запорной арматурой;

возможность поступления пожаровзрывоопасных жидкостей из смежного оборудования (резервуары, емкости);

и) описание решений, направленных на обеспечение взрывопожаробезопасности, должно содержать:

размеры и вместимость защитных обвалований и отбортовок технологических площадок;

размеры защитных ограждений, приподнятости внутриплощадочных дорог;

состав и расположение средств первичного пожаротушения, системы пожаротушения;

к) климатическую характеристику района расположения ОПО.

Для районов расположения технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, следует представлять среднемесячные температуры воздуха, скорости ветра, годовые повторяемости направлений ветра и повторяемости состояний устойчивости атмосферы (в классификации по Паскуиллу). Данные следует представлять в виде таблиц со ссылкой на источник информации (метеостанция) и период наблюдения;

л) стоимость производственных фондов ОПО, себестоимость продукции;

м) перечень аварий и инцидентов, имевших место на данном ОПО.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 4
к Руководству

Рекомендации по выделению типовых сценариев аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей

На технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, рекомендуется рассматривать следующие расчетные сценарии аварий:

а) разгерметизация технологического трубопровода на эстакаде;

б) сход (разрушение) цистерны (группы цистерн), содержащей (содержащих) взрывопожароопасную жидкость при атмосферном давлении;

в) образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения;

г) внутренний взрыв в цистерне при проведении ремонтных работ;

д) воспламенение цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости.

А. Разгерметизация технологического трубопровода на эстакаде

Разгерметизацию технологического трубопровода на эстакаде рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) разрушение (частичное или полное) технологического трубопровода (трубопроводной арматуры);

2) поступление в окружающую среду взрывопожароопасной жидкости (в том числе жидкости в перегретом состоянии);

3) при наличии источника зажигания немедленное воспламенение, горение факела и (или) пролива (при выбросе невскипающих (стабильных) жидкостей горящий факел образуется только на малых отверстиях разгерметизации, свищах);

4) в случае отсутствия источника зажигания происходит истечение жидкости, при наличии перегрева жидкости — ее вскипание, образование парокапельной смеси в атмосфере;

5) образование и распространение пролива взрывопожароопасной жидкости, его частичное испарение, в случае, если температура проливающейся жидкой фракции меньше температуры подстилающей поверхности, кипение пролива;

6) образование взрывоопасной концентрации паров взрывопожароопасной жидкости в воздухе от испарения (кипения) пролива, а при истечении перегретой жидкости и от вскипания выброса;

7) дрейф облака ТВС;

8) воспламенение паров ТВС при наличии источника зажигания;

9) сгорание (взрыв) облака ТВС;

10) пожар разлития и в случае свища либо в случае выброса перегретой жидкости горение факела;

11) попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение, открытое пламя, токсичные продукты исходного выброса либо продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений;

12) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества;

13) локализация и ликвидация разлития (пожара).

Типовое дерево событий при разгерметизации технологического трубопровода на эстакаде приведено на рисунке 4-1.

При анализе сценариев аварий необходимо учитывать условия прокладки и размещения трубопроводов (подземный, наземный (надземный), в тоннеле или ином замкнутом (полузамкнутом) пространстве, «труба в трубе»).

На рисунке 4-1 принимаются следующие условные вероятности событий:

а) полный разрыв трубопровода (c) — согласно приложению № 5 к настоящему Руководству;

б) мгновенное воспламенение (f) — 0,065;

в) образование взрывоопасного облака паров взрывопожароопасной жидкости при испарении с пролива (g) — для взрывопожароопасных жидкостей с давлением насыщенных паров менее 10 кПа — 0, в остальных случаях — 1;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015



Рис. 4-1. Дерево событий при разгерметизации технологического трубопровода на эстакаде

г) отсроченное воспламенение (h) — согласно приложению № 6 к настоящему Руководству.

Приведенные условные вероятности могут быть скорректированы с учетом дополнительных решений, направленных на снижение риска аварий.

На рисунке 4-1 (и на всех последующих рисунках деревьев событий) не представлены ветвления, связанные с действиями по тушению (ликвидации) пожара. Такое ветвление происходит по двум путям:

а) прекращение пожара в случае успешных действий;

б) продолжение пожара в случае неудачи.

Данное ветвление должно учитываться при расчете условных вероятностей конечных событий, что достигается путем умножения соответствующей условной вероятности на условную вероятность успешности тушения пожара. Процедура выполняется для каждой ветви дерева событий, на которой предпринимается соответствующее действие.

Б. Сход (разрушение) цистерны (группы цистерн), содержащей (содержащих) взрывопожароопасную жидкость при атмосферном давлении

Сход (разрушение) цистерны (группы цистерн), содержащей (содержащих) взрывопожароопасную жидкость при атмосферном давлении, рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) частичное или полное разрушение цистерны, группы цистерн (в случае их схода) со взрывопожароопасной жидкостью (жидкость находится при атмосферном давлении);

2) поступление взрывопожароопасной жидкости (жидкой фазы и паров) в окружающую среду;

3) истечение и разлив взрывопожароопасной жидкости;

4) при наличии источника зажигания воспламенение и пожар разлития;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

5) в случае отсутствия мгновенного воспламенения частичное испарение взрывопожароопасной жидкости;

6) образование облака взрывоопасной смеси паров с воздухом;

7) распространение пролива и взрывоопасного облака парогазовой смеси;

8) попадание облака ТВС или разлитой взрывопожароопасной жидкости в зону нахождения источника зажигания;

9) сгорание (взрыв) взрывоопасного облака;

10) попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение, открытое пламя, токсичные продукты исходного выброса либо продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений, соседних цистерн;

11) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

12) локализация и ликвидация разлития (пожара).

Образование огненного шара на цистернах следует рассматривать только для жидкостей с температурой начала кипения менее 60–65 °С.

Дерево событий схода (разрушения) цистерны (группы цистерн), содержащей (содержащих) продукт при атмосферном давлении, приведено на рисунке 4-2. Конечные ветви дерева событий, отмеченные словами «Прекращение аварии», при наличии в этих сценариях горения будут сопровождаться воздействиями, перечисленными в пунктах 8 — 12 сценария.

В случае если такое воздействие приводит к дополнительному выбросу взрывопожароопасной жидкости и (или) появлению новых очагов горения, в том числе на соседних цистернах, то соответствующая конечная ветвь на приведенном дереве событий будет служить отправной точкой нового дерева событий данной аварийной ситуации.

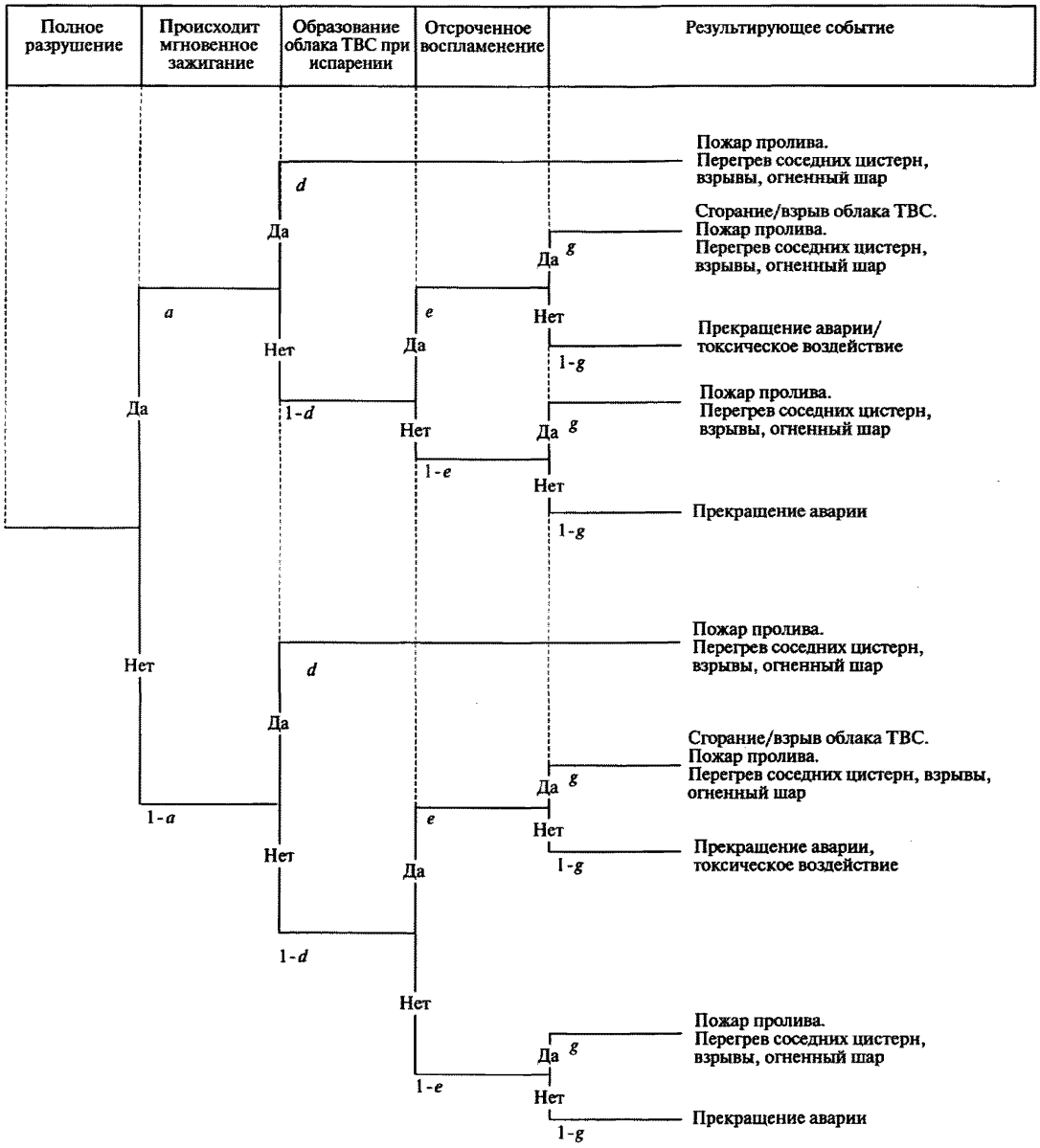

Рис. 4-2. Дерево событий при сходе (разрушении) цистерны (группы цистерн), содержащей (содержащих) продукт при атмосферном давлении

На рисунке 4-2 принимаются следующие условные вероятности событий:

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

а) полное разрушение цистерны — согласно приложению № 5 к настоящему Руководству;

б) мгновенное воспламенение и образование горящих проливов (d) — 0,1 для частичного разрушения цистерны, 0,4 — для полного разрушения автомобильной цистерны, 0,8 — для полного разрушения железнодорожной цистерны;

в) образование дрейфующего облака ТВС (e) — для взрывопожароопасных жидкостей с давлением насыщенных паров менее 10 кПа — 0, в остальных случаях — 1;

г) отсроченное воспламенение (g) — в зависимости от распределения источников зажигания (приложение № 8 к настоящему Руководству).

Приведенные условные вероятности могут быть скорректированы с учетом дополнительных решений, направленных на снижение риска аварий.

В. Образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения

Образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) образование облака паров взрывопожароопасной жидкости при сбросе через дыхательную арматуру, открытый люк, зазоры;

2) загазованность окружающего пространства с образованием объемов ТВС во взрывоопасных пределах, их воспламенение;

3) сгорание (взрыв) облака ТВС, в том числе с проскоком во внутренний объем цистерны и внутренним взрывом;

4) воспламенение и горение в цистерне;

5) разрушение цистерны, выброс горящей жидкой фазы, пожар пролива на прилегающих территориях;

6) попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение, открытое пламя, токсичные продукты исходного

выброса либо продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений, соседних цистерн;

7) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

8) локализация и ликвидация разлития (пожара).

Дерево событий при выходе газовой фазы из цистерны (образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения) приведено на рисунке 4-3.

На рисунке 4-3 принимаются следующие условные вероятности событий:

а) воспламенение шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости (*a*) — 0,1;

б) прекращение горения (*b*) — при наличии на дыхательной арматуре исправного огнепреградителя — 1, на зазоре — 0,75, на люке — 0,2;

в) при переходе горения на цистерну внутри происходит взрыв (*c*) — 0,2;

г) потеря устойчивости цистерны при внутреннем взрыве (*d*) — 0,2 или в зависимости от надежности цистерны;

д) потеря устойчивости цистерны при пожаре в ней (*h*) — в зависимости от обстоятельств.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

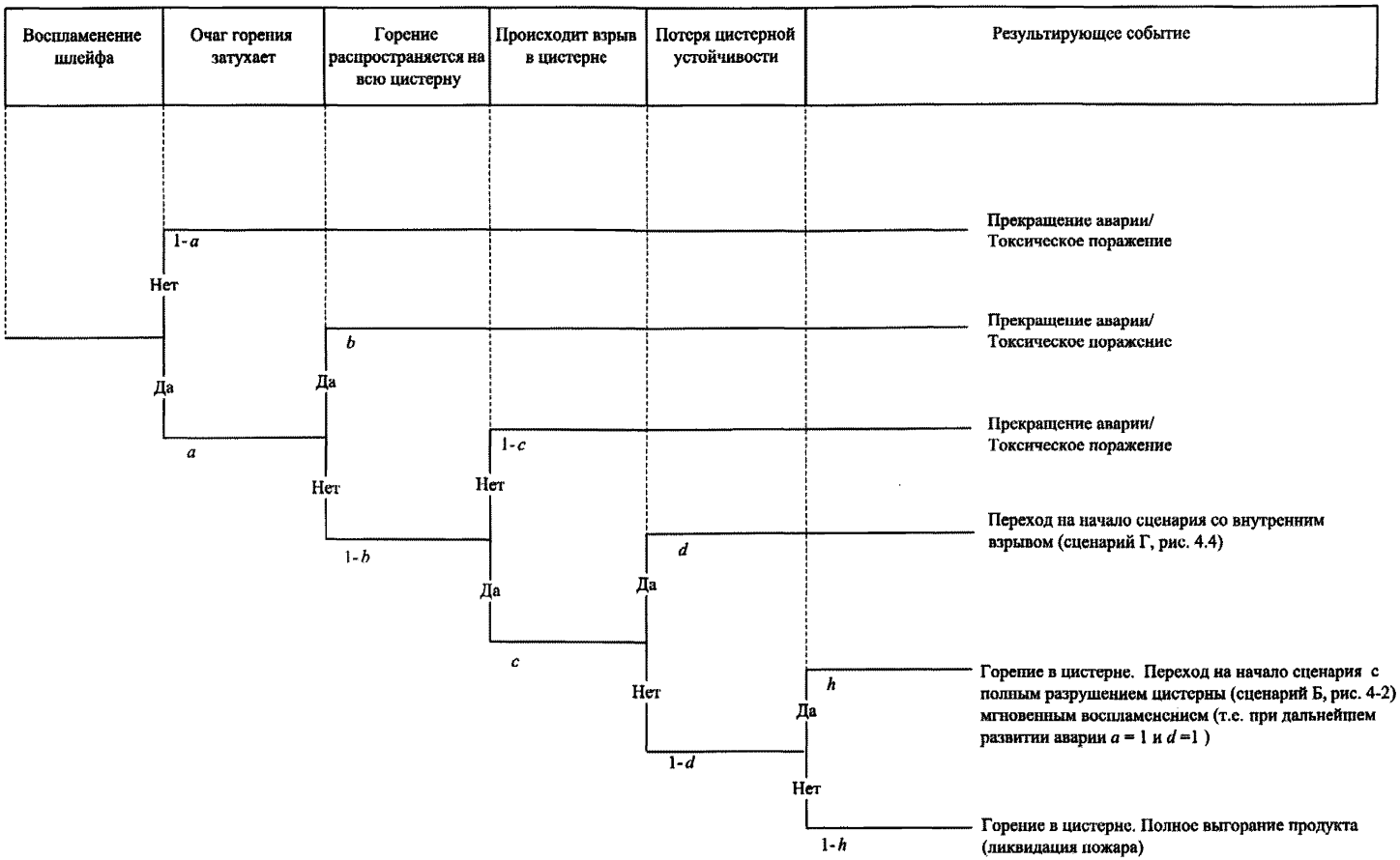

Рис. 4-3. Дерево событий при выходе газовой фазы из цистерны (образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения)

Г. Внутренний взрыв в цистерне при проведении ремонтных работ

Внутренний взрыв в цистерне при проведении ремонтных работ рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) образование в цистерне ТВС (в результате испарения взрывопожароопасной жидкости, подсоса воздуха), инициирование смеси (например, заряды атмосферного и статического электричества, огневые работы, пирофорные отложения, внешний нагрев, проскок пламени по шлейфу паров ТВС), сгорание (взрыв) ТВС внутри цистерны;

2) поражение взрывом объектов и людей, находившихся вблизи цистерны (волны сжатия и разрежения — затягивание в люк, открытое пламя, горячие продукты взрыва, излучение);

3) возможное горение в резервуаре, разрушение цистерны, выброс жидкой фазы, в том числе горящей, пожар пролива на прилегающих территориях;

4) попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение, открытое пламя, токсичные продукты исходного выброса либо продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений, соседних цистерн;

5) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

6) локализация и ликвидация разлития (пожара).

Далее развитие аварии может идти по одному из вариантов:

а) взрывопожароопасная жидкость выходит из цистерны наружу (вариант 1);

б) взрывопожароопасная жидкость остается в цистерне (вариант 2).

В случае варианта 1 дальнейшие события развиваются по сценарию с разрушением цистерны (рисунок 4-2). В случае развития по варианту 2 после взрыва в цистерне может начаться пожар, и тогда авария будет развиваться по сценарию с горением шлейфа

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

(рисунок 4-3). Если пожар не возникает, то развитие аварийной ситуации можно считать прекратившимся.

Дерево событий при взрыве внутри цистерны для сценария с внутренним взрывом в цистерне приведено на рисунке 4-4.

На рисунке 4-4 принимаются следующие условные вероятности событий:

а) при взрыве внутри цистерны образуются разлетающиеся элементы (a) — 0,02;

б) взрывопожароопасная жидкость остается в цистерне (b);

в) зажигание взрывопожароопасной жидкости в цистерне (c).

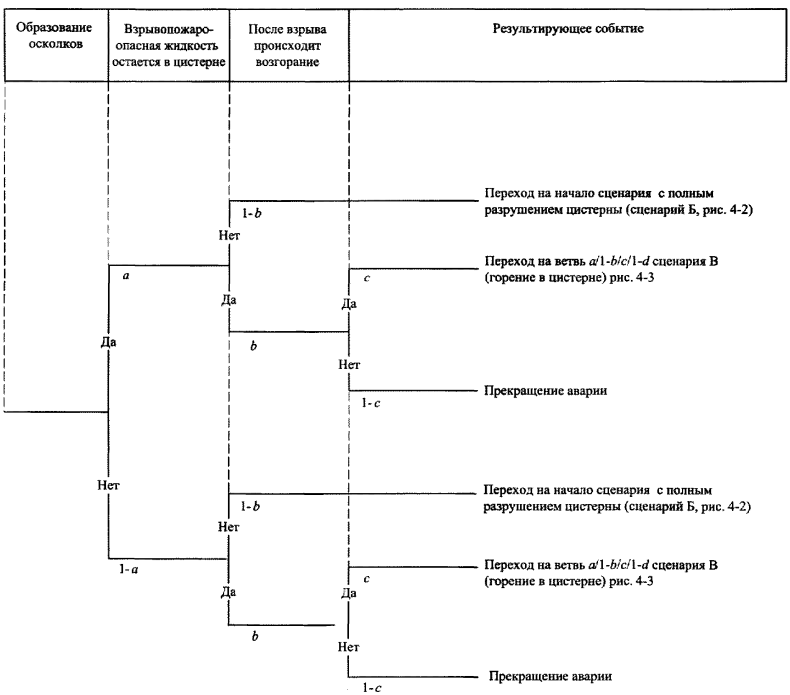

Рис. 4-4. Дерево событий при взрыве внутри цистерны

Д. Воспламенение цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости

При сливоналивных операциях опасное вещество может поступать в окружающую среду как из цистерны, так и из технологических трубопроводов.

Воспламенение цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) частичное или полное разрушение технологического трубопровода, отрыв трубопроводов;

2) поступление стабильной (невскипающей) взрывопожароопасной жидкости в окружающую среду;

3) при наличии источника зажигания немедленное воспламенение, горение пролива и (или) при выбросе на малых отверстиях разгерметизации, свищах горение факела;

4) в случае отсутствия немедленного источника зажигания образование и распространение пролива взрывопожароопасной жидкости, его частичное испарение;

5) образование взрывоопасной концентрации паров взрывопожароопасной жидкости в воздухе от испарения пролива;

6) дрейф облака ТВС;

7) воспламенение паров ТВС при наличии источника зажигания;

8) сгорание (взрыв) облака ТВС;

9) пожар разлития и в случае свища либо в случае выброса перегретой жидкости горение факела;

10) попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение, открытое пламя, токсичные продукты исходного выброса либо токсичные и (или) горячие продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений, соседних цистерн;

11) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в том чис-

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

ле взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

12) локализация и ликвидация разлития (пожара).

Дерево событий для сценария с воспламенением цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости приведено на рисунке 4-5.

На рисунке 4-5 принимаются следующие условные вероятности событий:

а) полное разрушение типового оборудования согласно приложению № 5 к настоящему Руководству;

б) мгновенное воспламенение и образование горящих проливов (*d*) — 0,1 для частичного разрушения цистерны, 0,4 — для полного разрушения автомобильной цистерны, 0,8 — для полного разрушения железнодорожной цистерны;

в) образование дрейфующего облака ТВС (*e*) — для взрывопожароопасных жидкостей с давлением насыщенных паров менее 10 кПа — 0, в остальных случаях — 1;

г) отсроченное воспламенение (*g*) — в зависимости от распределения источников зажигания (приложение № 8 к настоящему Руководству).

Приведенные условные вероятности могут быть скорректированы с учетом дополнительных решений, направленных на снижение риска аварий.

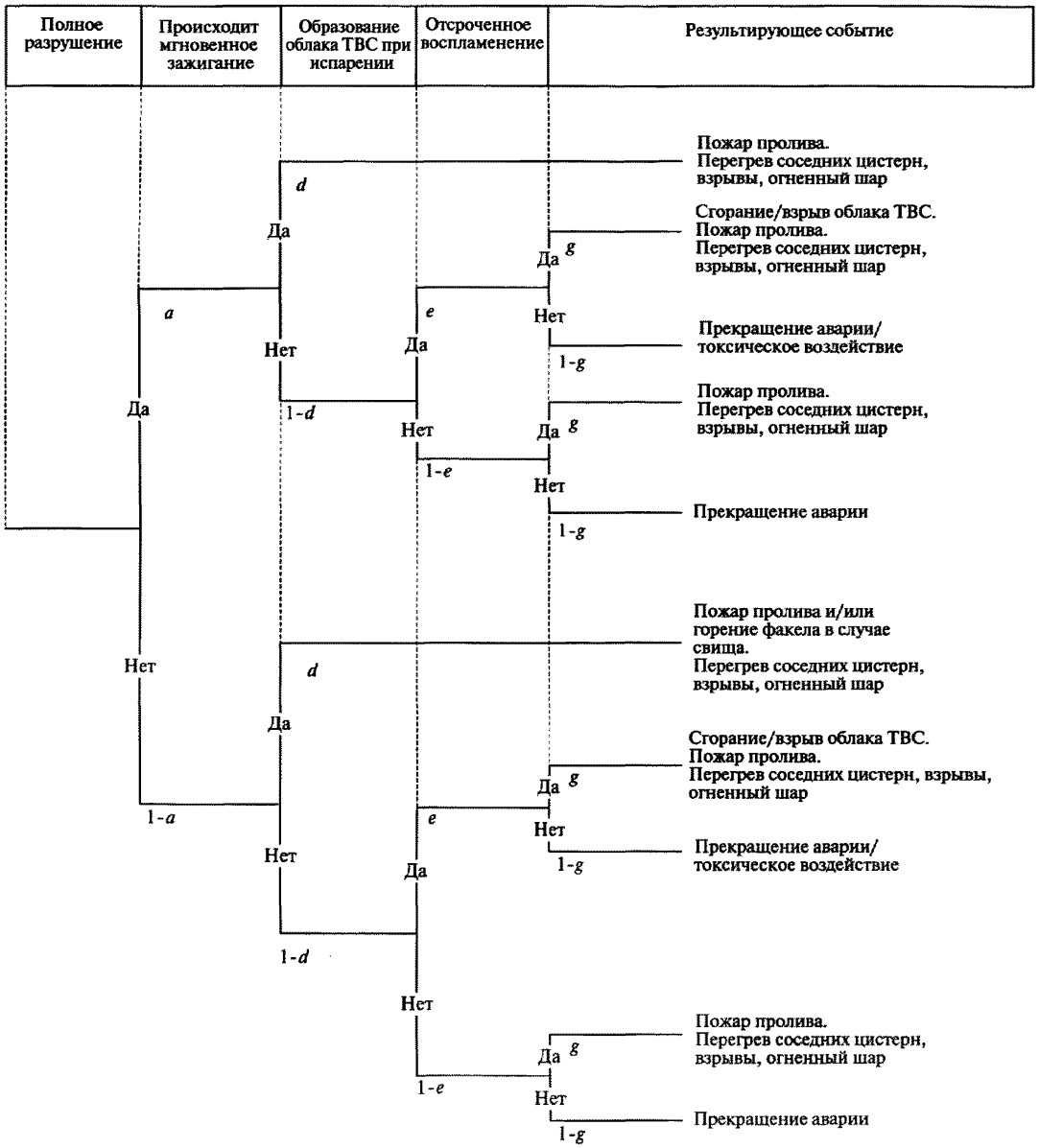

Рис. 4-5. Дерево событий для сценария с воспламенением цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 5
к Руководству

Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей

Таблица № 5-1

Частота 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 больше 50 мм
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. Частота приведена 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 № 5-2

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 % диаметра наибольшего трубопровода
Насосы без дополнительного оборудования	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Насосы в стальном корпусе	$5 \cdot 10^{-5}$	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
Экранированные насосы	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица № 5-3

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 сливо-наливного рукава	Утечка из сливо-наливного рукава через отверстие с эффективным диаметром 10 % номинального диаметра, максимум 50 мм	Полное разрушение жесткого сливо-наливного устройства	Утечка из жесткого сливо-наливного устройства через отверстие с эффективным диаметром 10 % номинального диаметра, максимум 50 мм
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 1×10^{-6} год$^{-1}$ для цистерн при атмосферном давлении.

3. При наличии нескольких цистерн в расчетах рекомендуется учитывать «эффект домино».

Приложение № 6
к Руководству

Рекомендуемый порядок расчета истечения пожаровзрывоопасных жидкостей из разрушенных технологических трубопроводов

При аварийном истечении пожаровзрывоопасных жидкостей из разрушенных технологических трубопроводов необходимо учитывать гидравлические параметры трубопроводов и влияние на скорость выброса потерь на трение при движении среды по трубопроводу. Для определения скорости выброса $G_{выб}$ через отверстие разрушение площади S используется следующая система уравнений:

$$\left[\frac{P_н}{\rho g}+h(x_{до})\right]-\left[\frac{P_{разр}}{\rho g}+h_{разр}\right]=\lambda(u_{до})\frac{x_{разр}-x_{до}}{d_0}\frac{u_{до}|u_{до}|}{2g};$$

$$\left[\frac{P_{разр}}{\rho g}+h_{разр}\right]-\left[\frac{P_к}{\rho g}+h(x_{после})\right]=\lambda(u_{после})\frac{x_{после}-x_{разр}}{d_0}\frac{u_{после}|u_{после}|}{2g};$$

$$G_{выбр}=0,6S\sqrt{2\rho(P_{разр}-P_а)};$$

$$G_{выбр}=G_{до}-G_{после};$$

$$-G_{до}=0,25\pi d_0^2\rho u_{до};$$

$$G_{после}=0,25\pi d_0^2\rho u_{после}, \qquad (6\text{-}1)$$

где $x_{до}$ — координата начала трубопровода;
$x_{после}$ — координата конца трубопровода;
$h(x_{до})$ — высотная отметка начала трубопровода;
$h(x_{после})$ — высотная отметка конца трубопровода;
ρ — плотность транспортируемой среды;
$P_{разр}$ — давление внутри на месте разрушения;
$P_а$ — давление снаружи на месте разрушения;
d_0 — диаметр трубопровода;
$u_{до}$ — скорость среды до места разрушения;
$u_{после}$ — скорость среды после места разрушения;

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

$G_{выбр}$ — расход на месте выброса;
$G_{после}$ — расход в трубопроводе после места выброса;
$G_{до}$ — расход в трубопроводе до места выброса;
$P_{н}$ — давление в начале трубопровода;
$P_{к}$ — давление в конце трубопровода.

Система уравнений (6-1) содержит шесть переменных, которые нужно отыскивать ($u_{после}$, $u_{до}$, $G_{выбр}$, $G_{после}$, $G_{до}$, $P_{разр}$), используя формулы из системы уравнений (6-1).

При равенстве давления на месте разрушения $P_{разр}$ давлению в окружающей среде $P_{а}$ третье уравнение не рассматривается.

Коэффициенты сопротивления λ учитывают трение о стенки и наличие на трубопроводе различных элементов, также способствующих падению давления: стыки, повороты, изменения диаметров, задвижки. Коэффициенты λ рекомендуется рассчитывать в соответствии со справочниками по гидравлическим сопротивлениям. При расчете λ учитывается и многофазность, если в трубопроводе движется газожидкостная среда.

Давление в начале и конце трубопровода $P_{н}$ и $P_{к}$ определяется в соответствии с характеристиками установленного в начале и конце трубопровода оборудования (напорные характеристики насосов, конфигурации соединения насосов, давления в емкостях). После отсечения аварийного участка трубопровода давления в начале и конце трубопровода $P_{н}$ и $P_{к}$ полагаются равными давлению насыщенных паров транспортируемой среды (вакуумметрическое давление), а величины $x_{до}$, $x_{после}$, $h(x_{до})$, $h(x_{после})$ соответствуют положению границы свободного зеркала жидкости в трубопроводе. Эти величины ($x_{до}$, $x_{после}$, $h(x_{до})$, $h(x_{после})$) корректируются соответствующим образом по мере вытекания продукта, в том числе с учетом изменения профиля $h(x)$.

В случае необходимости учета нестационарности процесса истечения за счет изменения граничных условий на трубопроводе (постепенное изменение давлений и подачи) соответствующим образом меняются параметры, входящие в систему выписанных уравнений (6-1), $P_{н}$ и $P_{к}$.

В случае необходимости учета нестационарности процесса истечения за счет циркуляции волн в трубопроводе система уравнений (6-1) записывается отдельно для участков разделенных фронтами циркулирующих волн с заданием соответствующих условий скачка параметров на этих фронтах:

$$\Delta P = C\rho\Delta u, \qquad (6\text{-}2)$$

где C — скорость распространения волны в трубопроводе;

ΔP — скачок давления на фронте волны, сопровождающийся изменением скорости Δu.

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Приложение № 7
к Руководству

Методические документы для оценки возможных последствий аварий

Таблица № 7-1

Методические документы

Назначение	Документ
1. Расчет параметров ударной волны, зон поражения и разрушения при воспламенении и взрыве облаков ТВС	Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (утверждена приказом Ростехнадзора от 20 апреля 2015 г. № 159)
2. Расчет концентрационных полей при рассеивании и дрейфе облаков ТВС в поле ветра, расчет размеров зон поражения при пожаре-вспышке (сгорании) дрейфующего облака ТВС, определение массы опасного вещества во взрывоопасных пределах	Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ (утверждена приказом Ростехнадзора от 20 апреля 2015 г. № 158)
3. Определение параметров воздействия и зон поражения при горении пролива, огненном шаре, факельном горении	Методика определения величин пожарного риска на производственных объектах (утверждена приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404)
4. Расчет параметров воздействия и зон поражения при горении опасного вещества в зданиях	
5. Расчет параметров воздействия и зон поражения продуктами горения	

Приложение № 8
к Руководству

Условные вероятности воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ с учетом размещения источников зажигания

Условная вероятность воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ при наличии периодически действующих источников зажигания рассчитывается по формуле

$$P_{И} = 1 - Q(\tau), \tag{8-1}$$

где $Q(\tau)$ — вероятность незажигания облака от источников $И_k$, натуральный логарифм, который рассчитывается как:

$$\ln Q(\tau) = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} F_{ih} \cdot \mu_j \cdot \left[\left(1 - a_j \cdot p_j\right) \cdot e^{-\lambda_j p_j d_{ih}} - 1 \right], \tag{8-2}$$

где i — номер элементарной площадки в расчетной области;

$j = 1, ..., J$ — номер источника воспламенения на элементарной площадке;

F_{ih} — площадь i-й элементарной площадки, га;

μ_j — плотность распределения источников зажигания, шт./га;

a_j — доля времени активности j-го источника зажигания, рассчитываемая по формуле:

$$a_j = \tau_i / \left(\tau_a + \tau_i\right), \tag{8-3}$$

где τ_i — время, в течение которого источник зажигания активен, мин;

τ_a — время (период) между периодами активации источника зажигания, мин;

p_j — физический потенциал воспламенения j-го источника зажигания (таблица № 8-1);

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

Таблица № 8-1

Потенциал воспламенения ряда типичных источников зажигания

Тип источника зажигания	Потенциал воспламенения
Включенная горелка, открытое пламя	$p_j = 1$
Электромоторы, горячая обработка	$p_j > 0{,}5$
Транспортные средства, неисправная проводка	$0{,}5 > p_j > 0{,}05$
Электрооборудование, искры	$p_j < 0{,}05$
Взрывобезопасное оборудование, радиочастотные источники	$p_j = 0$

λ_j — частота активации j-го источника зажигания, 1/мин, рассчитываемая как:

$$\lambda_j = 1/(\tau_a + \tau_i), \qquad (8\text{-}4)$$

где d_{ih} — время, в течение которого источник был в контакте с облаком, мин (рекомендуется принимать 60 мин).

Условная вероятность зажигания облака от постоянно действующего во времени источника зажигания рассчитывается по формуле

$$P_И = 1 - [Q(\tau)] \prod_{j=1}^{J} (1 - p_j). \qquad (8\text{-}5)$$

При описании территориального распределения и характеристик источников зажигания в расчетной области для последующего расчета условной вероятности зажигания облака рекомендуется пользоваться данными таблицы № 8-2.

Таблица № 8-2

Параметры различных типовых источников зажигания периодического действия

Тип территории	Источник зажигания	p_j	τ_a	τ_i	a_j	λ_j	μ_j
Автостоянка	«Часы пик»	0,2	6	474	0,0125	0,0021	160
	Другие часы	0,2	6	54	0,1	0,0167	3
	Курение	1	10	470	0,021	0,0021	8
Дорога	«Часы пик»	0,1	6	474	0,0125	0,0021	160
	Другие часы	0,1	6	54	0,1	0,0167	3
	Внутренняя перевозка грузов	0,1	6	24	0,2	0,0333	20
	Транспортный контроль	1	0	15	0	0,0667	20
Бойлерная	Котел	1	120	360	0,25	0,0021	200
Открытое пламя	непрерывного действия внутри и вне зданий	1	–	0	1	0	200
	редкого действия внутри и вне зданий	1	60	420	0,125	0,0021	200
	прерывистого действия внутри и вне зданий	1	5	55	0,0833	0,0167	200
Столовая, пищеблок	Курение	1	5	115	0,042	0,0083	200
	Кухонное оборудование	0,25	5	25	0,167	0,0333	100
Производственные зоны	Тяжелое оборудование	0,5	–	–	1	0,028	50
	Среднее оборудование	0,25	–	–	1	0,035	50
	Легкое оборудование	0,1	–	–	1	0,056	50
Складские зоны	Погрузо-разгрузочные работы	0,1	10	20	0,333	0,0333	10
Офисные зоны	Офисное оборудование	0,05	–	–	1	0,056	20

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2015

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

Подписано в печать 03.11.2015. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем 3,25 печ. л.
Заказ № 1103.
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