



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

П Р И К А З

28 ноября 2022 г.

№ 411

Москва

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

В соответствии с пунктом 5 статьи 3 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», пунктом 1 Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401, приказываю:

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

2. Признать утратившим силу 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».

Руководитель

А.В. Трембицкий

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «28» марта 2022 г. № 411

**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 15 декабря 2020 г. № 533 (зарегистрирован Минюстом России 25 декабря 2020 г., регистрационный № 61808), и 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 (далее – ОПО).

3. Руководство содержит рекомендации к количественной оценке риска аварий (далее – оценка риска) для обеспечения требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве,

капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструкции, 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 Руководстве.

5. В Руководстве используются термины, определения и сокращения, приведенные в приложениях № 1 и 2, а также в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденном приказом Ростехнадзора от 3 ноября 2022 г. № 387 (далее – Руководство по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»), и в Руководстве по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей», утвержденном приказом Ростехнадзора от 28 ноября 2022 г. № 412 (далее – Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»).

II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ 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 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 (легковоспламеняющихся

и горючих 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 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 аварии приведены в Руководстве по безопасности «Методические основы 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 аварии.

12. Для оценки опасности аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, могут быть

использованы 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 и риска аварии приведен в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Перечень рассчитываемых показателей риска аварии определяют 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 аварии: потенциальный риск гибели человека $R_{\text{пот}}$, социальный риск (FN -кривая), частота эскалации аварии.

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 аварии: индивидуальный риск $R_{\text{инд}}$, коллективный риск $R_{\text{колл}}$, 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.

18. На этапе «Идентификация опасностей аварий» рекомендуется:
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 аварии на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, приведена в приложении № 3 к Руководству;

произвести деление анализируемого объекта на участки (составные части);

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, сливноналивные 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:

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;

ошибочных действий персонала, связанных с отступлением от установленных параметров технологического регламента ведения производственного процесса, нарушением режима эксплуатации производственных установок и оборудования, недостаточным контролем (или отсутствием контроля) за параметрами технологического процесса;

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 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 аварийной разгерметизации технологических трубопроводов и типового оборудования, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей, рекомендуется определять в соответствии с Руководством по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

24. Для оценки частоты разгерметизации сложных технических устройств рекомендуется использовать метод анализа «деревьев отказов».

25. Для определения условной вероятности сценария аварии рекомендуется использовать метод построения «деревьев событий» в соответствии с Руководством по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

26. При определении сценариев на последних этапах развития аварии 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 аварии (в первую очередь – количества пострадавших и погибших).

28. Зоны действия поражающих факторов определяются на основе: оценки количества опасного вещества (далее – ОВ), участвующего в создании поражающих факторов аварии;

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);

сравнения рассчитанных количественных параметров с критериями поражения (разрушения).

29. Для определения количества ОВ, 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 ОВ 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 отсеченного блока (трубопровода).

31. Рекомендуемый порядок расчета истечения взрывопожароопасных жидкостей из технологических трубопроводов приведен в приложении № 5 к Руководству.

32. Оценку возможных последствий аварий рекомендуется проводить на основе методических документов, указанных в таблице № 6-1 приложения № 6 к Руководству.

33. Для расчета размеров зон поражения людей и разрушения зданий, сооружений рекомендуется использовать критерии поражения, приведенные в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

34. Для оценки гибели людей 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 величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной ведомственным приказом МЧС России.

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

36. Оценка материального ущерба от аварий производится на основе расчета вреда (экономического ущерба и вреда окружающей среде) от аварии,

а также справки о размере причиненного вреда и оценке экономического ущерба и вреда окружающей среде от аварии.

37. При оценке опасности каскадного развития аварии («эффект домино») следует учитывать критерии устойчивости оборудования, зданий, сооружений, приведенные в Руководстве по безопасности «Методические основы 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 № 7 к Руководству).

39. При отсутствии сведений о распределении источников воспламенения и о 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 Руководстве по безопасности «Методические основы 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:

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

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

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

со 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 аварии с соответствующим допустимым или фоновым уровнем, а также использования результатов анализа риска для обоснования безопасности ОПО приведены в Руководстве по безопасности «Методические основы 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 аварии, 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.

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 аварии 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:

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

минимизируя затраты, выбирают оптимальную группу мер безопасности, обеспечивающих снижение риска аварий до значений, 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 аварии.

51. Меры по уменьшению вероятности возникновения аварии включают:

меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента (разгерметизации оборудования);

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

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

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

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

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

53. Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов ОВ (уменьшение вероятности аварии) 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.

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, исключаящие эскалацию аварии;

повышение взрывозащищенности зданий и сооружений на территории ОПО;

установка датчиков загазованности;

информирование персонала об опасностях аварий.

Приложение № 1
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 411

Список сокращений

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОВ – опасное вещество;

ОПО – опасный производственный объект;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ТВС – топливно-воздушная смесь.

Приложение № 2
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» исентября 2022 г. № 411

Термины и определения

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»).

Безопасность (safety) – отсутствие неприемлемого риска (статья 3 ГОСТ Р МЭК 61508-4-2012: Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 4. Термины и определения).

Безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации (безопасность) – состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений (статья 2 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»).

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 оборудования и последующей аварийной ситуации.

Дерево событий – логическая схема причинно-следственных закономерностей развития аварийной ситуации, показывающая

последовательность событий, исходящих из основного события (разгерметизации оборудования).

Допустимый риск – риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях (статья 3 ГОСТ Р 51898-2002: Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты).

Идентификация опасности (hazard identification) – процесс осознания того, что опасность существует, и определения ее характерных черт (статья 2 ГОСТ Р 51901.1-2002: Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем).

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»).

Обоснование безопасности опасного производственного объекта – документ, содержащий сведения о результатах оценки риска аварии на ОПО и связанной с ней угрозы, условия безопасной эксплуатации ОПО, требования к эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации ОПО (статья 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

Опасность (hazard) – источник потенциального вреда или ситуация с потенциальной возможностью нанесения вреда (статья 2 ГОСТ Р 51901.1-2002: Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем).

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».

Промышленная безопасность ОПО (промышленная безопасность, безопасность ОПО) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на ОПО и последствий указанных аварий (статья 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

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 (пункт 1 статьи 3 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

Приложение № 3
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 411

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

Планы расположения технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, следует представлять с прилегающей территорией до 1000 м в зависимости от свойств и условий обращения ОВ. Планы расположения основного технологического оборудования, зданий и сооружений следует представлять с экспликацией, с указанием высотных отметок или нанесенными изолиниями;

2) 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);

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

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

5) перечень технологического оборудования для транспортирования взрывопожароопасных жидкостей, его характеристика:

диаметр, протяженность технологических трубопроводов, высотный профиль трубопроводных эстакад;

характеристики и расположение трубопроводной арматуры;

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

протяженность железнодорожных путей и автодорог для перевозки взрывопожароопасных сжиженных жидкостей.

Перечень технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, следует представлять в виде таблицы, аналогичной таблице № 1 приложения № 3 к Руководству;

**Перечень основного технологического оборудования, в котором
обрабатываются опасные вещества**

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

б) данные о распределении ОВ по оборудованию и трубопроводам площадочных объектов – аппаратам (емкостям), трубопроводам, с указанием максимального количества в единичной емкости или участке трубопровода наибольшей вместимости. Вместимость цистерн и общий грузооборот взрывопожароопасных газов следует представлять в виде таблицы, аналогичной таблице № 2 приложения № 3 к Руководству. Следует рассматривать смежное оборудование (резервуары, емкости) для учета возможности поступления взрывопожароопасных газов из сопряженных блоков;

Таблица № 2

**Данные о распределении опасных веществ по оборудованию
и трубопроводам площадочных объектов**

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

7) основные характеристики ОВ. Для взрывопожароопасных жидкостей следует указать следующие характеристики:

компонентный состав (при условиях хранения (транспортировки));

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

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

данные о токсичности (ПДК в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе; летальная и пороговая токсодозы);

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

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 взрывопожароопасных жидкостей из смежного оборудования (резервуары, емкости);

9) 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;

10) климатическую характеристику района расположения ОПО.

Для районов расположения технологических трубопроводов следует представлять данные среднемесячных температур воздуха, скорости ветра, годовых повторяемостей направлений ветра и повторяемостей состояний устойчивости атмосферы (в классификации по Паскуиллу). Данные следует представлять в виде таблиц со ссылкой на источник информации (метеостанция) и период наблюдений;

- 11) стоимость производственных фондов ОПО, себестоимость продукта;
 - 12) перечень аварий, инцидентов и отказов, имевших место на данном ОПО.
-

Приложение № 4
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 411

**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 типовые сценарии аварий:

- а) разгерметизация технологического трубопровода на эстакаде;
- б) сход (разрушение) цистерны (группы цистерн), содержащей взрывопожароопасную жидкость при атмосферном давлении;
- в) образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигании 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 не вскипающих (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 паракапельной 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 разлива 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 ОВ;

13) локализация и ликвидация разлива (пожара).

Типовое «дерево событий» при разгерметизации технологического трубопровода на эстакаде приведено на рисунке 4-1 приложения № 4 к Руководству.

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

На рисунке 4-1 приложения № 4 к Руководству принимаются следующие условные вероятности событий:

а) полный разрыв трубопровода (с) – согласно Руководству по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»;

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;

г) отсроченное воспламенение (h) – согласно приложению № 5 к Руководству.

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

На рисунке 4-1 приложения № 4 к Руководству (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.

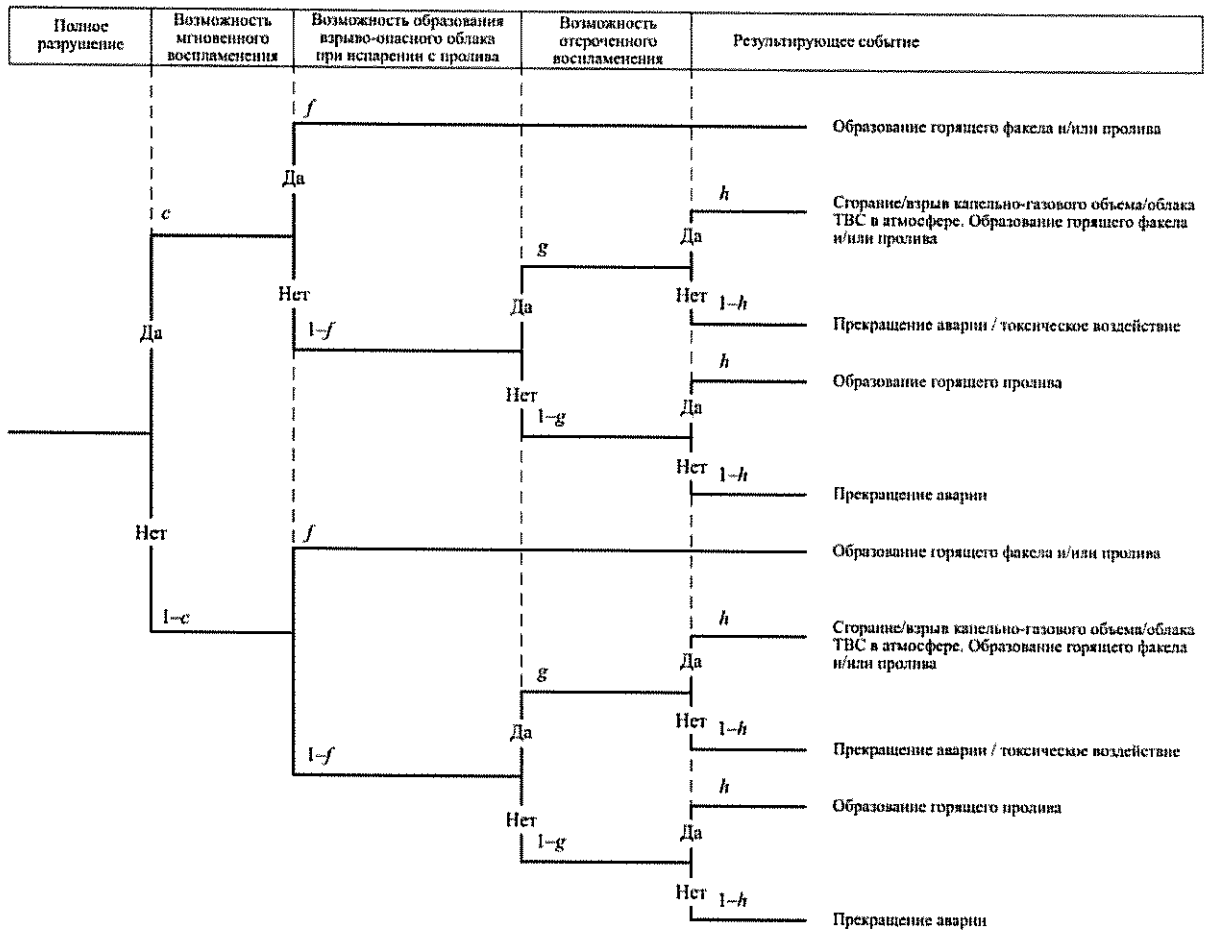


Рисунок 4-1. «Дерево событий» при разгерметизации технологического трубопровода на эстакаде

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

Сход (разрушение) цистерны (группы цистерн), содержащей 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;
- 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 ОВ, 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 продукт при атмосферном давлении, приведено на рисунке 4-2 приложения № 4 к Руководству. Конечные ветви «дерева событий», отмеченные словами «Прекращение аварии», при наличии в этих сценариях горения будут сопровождаться воздействиями, перечисленными 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.

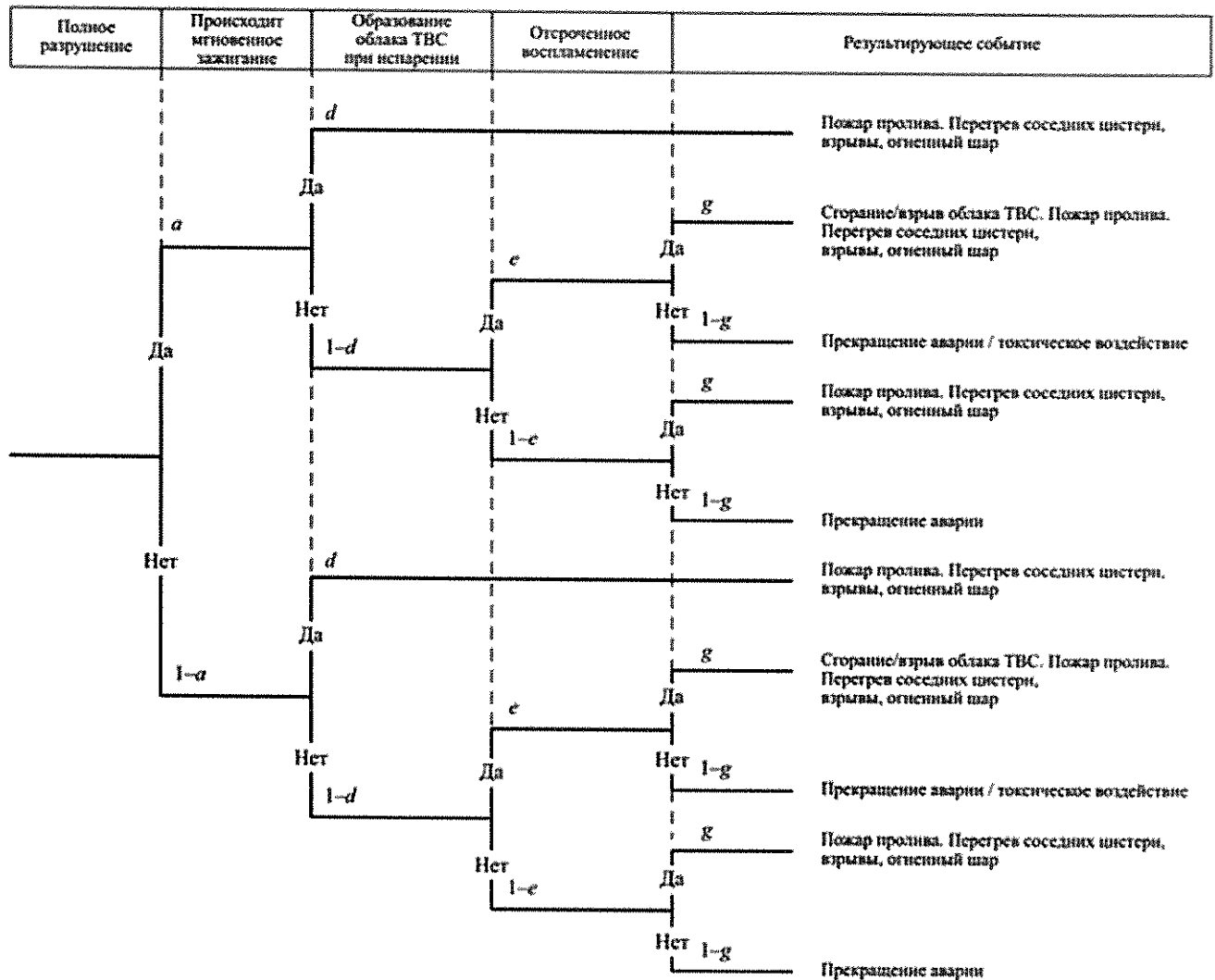


Рисунок 4-2. «Дерево событий» схода (разрушения) цистерны (группы цистерн), содержащей продукт при атмосферном давлении

На рисунке 4-2 приложения № 4 к Руководству принимаются следующие условные вероятности событий:

а) полное разрушение цистерны – согласно Руководству по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»;

б) мгновенное воспламенение и образование горячих проливов (d): для частичного разрушения цистерны – 0,1, для полного разрушения

автомобильной цистерны – 0,4, для полного разрушения железнодорожной цистерны – 0,8;

в) образование дрейфующего облака ТВС (е): 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 № 7 к 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 горячей 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 ОВ, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

8) локализация и ликвидация разлива (пожара).

«Дерево событий» при выходе газовой фазы из цистерны для сценария с образованием шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигании с формированием очага горения приведено на рисунке 4-3 приложения № 4 к Руководству.

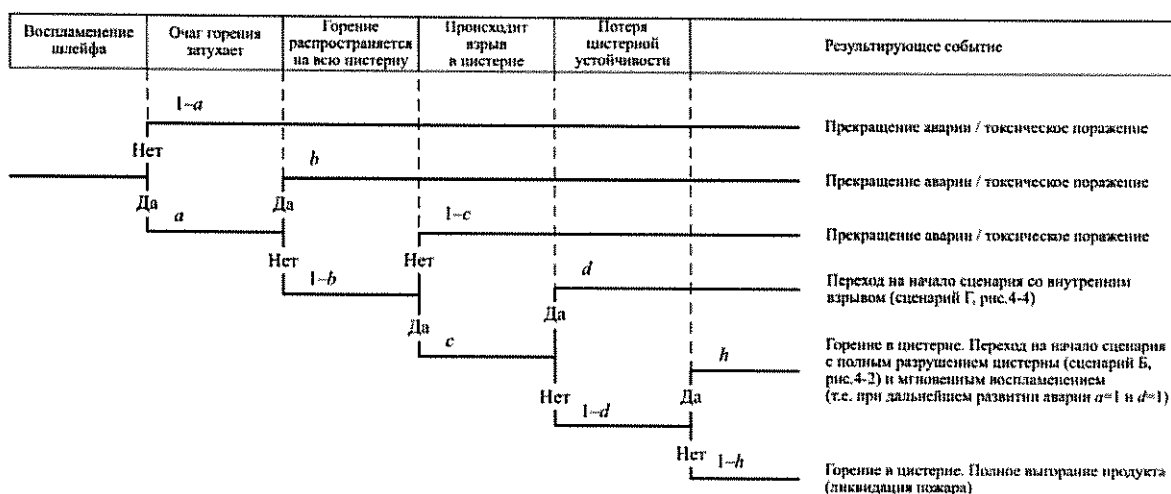


Рисунок 4-3. «Дерево событий» при выходе газовой фазы из цистерны (образование шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре (люке, зазоре) и его зажигание с формированием очага горения)

На рисунке 4-3 приложения № 4 к Руководству приняты следующие условные вероятности событий:

а) воспламенение шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости (а) – 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 (с) – 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.

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 горячей), 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 ОВ, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

б) локализация и ликвидация разлива (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 приложения № 4 к Руководству). В случае развития по варианту 2 после взрыва в цистерне может начаться пожар, и тогда авария будет развиваться по сценарию с горением шлейфа (рисунок 4-3 приложения № 4 к Руководству). 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 приложения № 4 к Руководству.

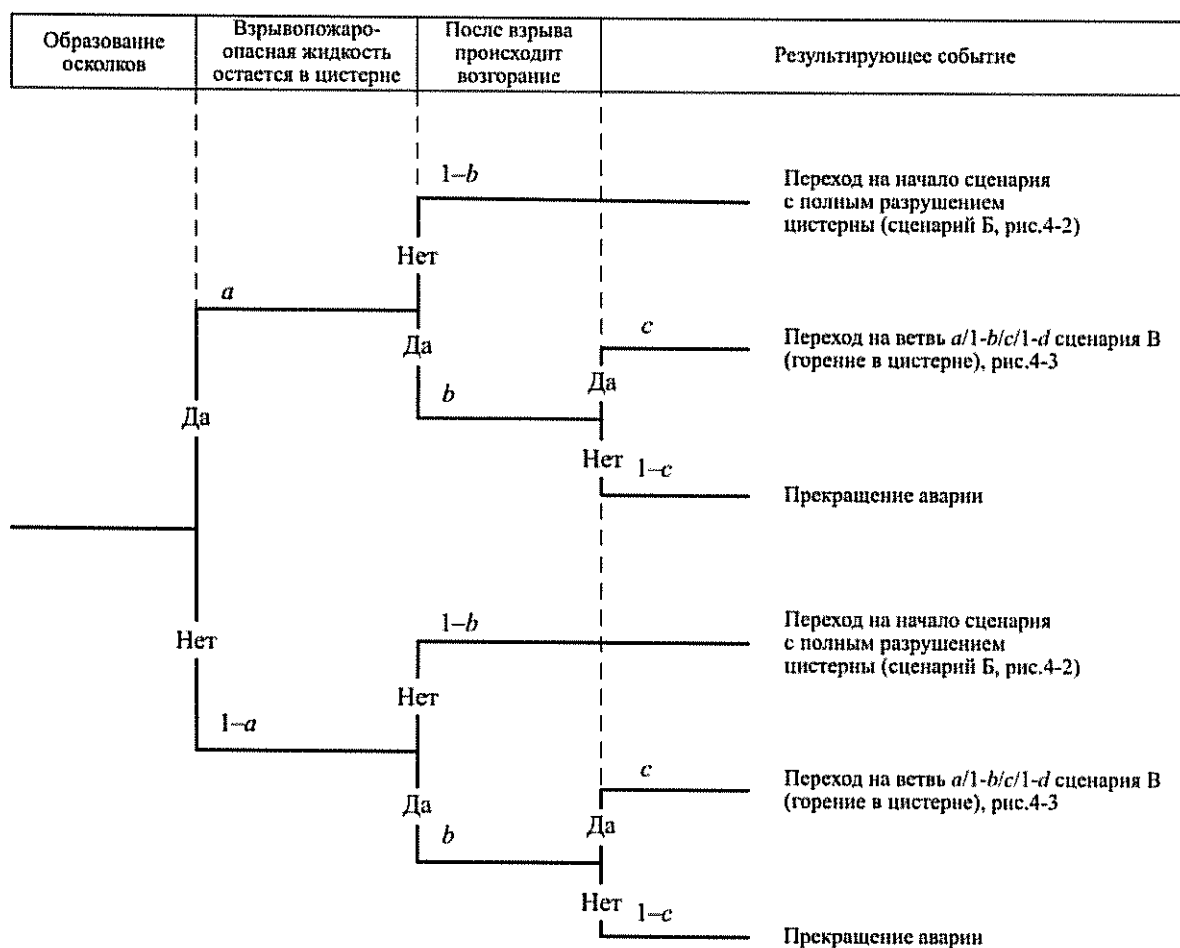


Рисунок 4-4. «Дерево событий» при взрыве внутри цистерны

На рисунке 4-4 приложения № 4 к Руководству принимаются следующие условные вероятности событий:

- а) при взрыве внутри цистерны образуются разлетающиеся элементы (а) – 0,02;
- б) взрывопожароопасная жидкость остается в цистерне (б);
- в) зажигание взрывопожароопасной жидкости в цистерне (с).

Д. Воспламенение цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости

При сливоналивных операциях ОВ 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 разлива 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 ОВ, в том числе взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении;

12) локализация и ликвидация разлива (пожара).

«Дерево событий» для сценария с воспламенением цистерны при сливоналиве взрывопожароопасной жидкости приведено на рисунке 4-5 приложения № 4 к Руководству.

На рисунке 4-5 приложения № 4 к Руководству принимают следующие условные вероятности событий:

а) полное разрушение типового оборудования – согласно Руководству по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»;

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

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 № 7 к Руководству).

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

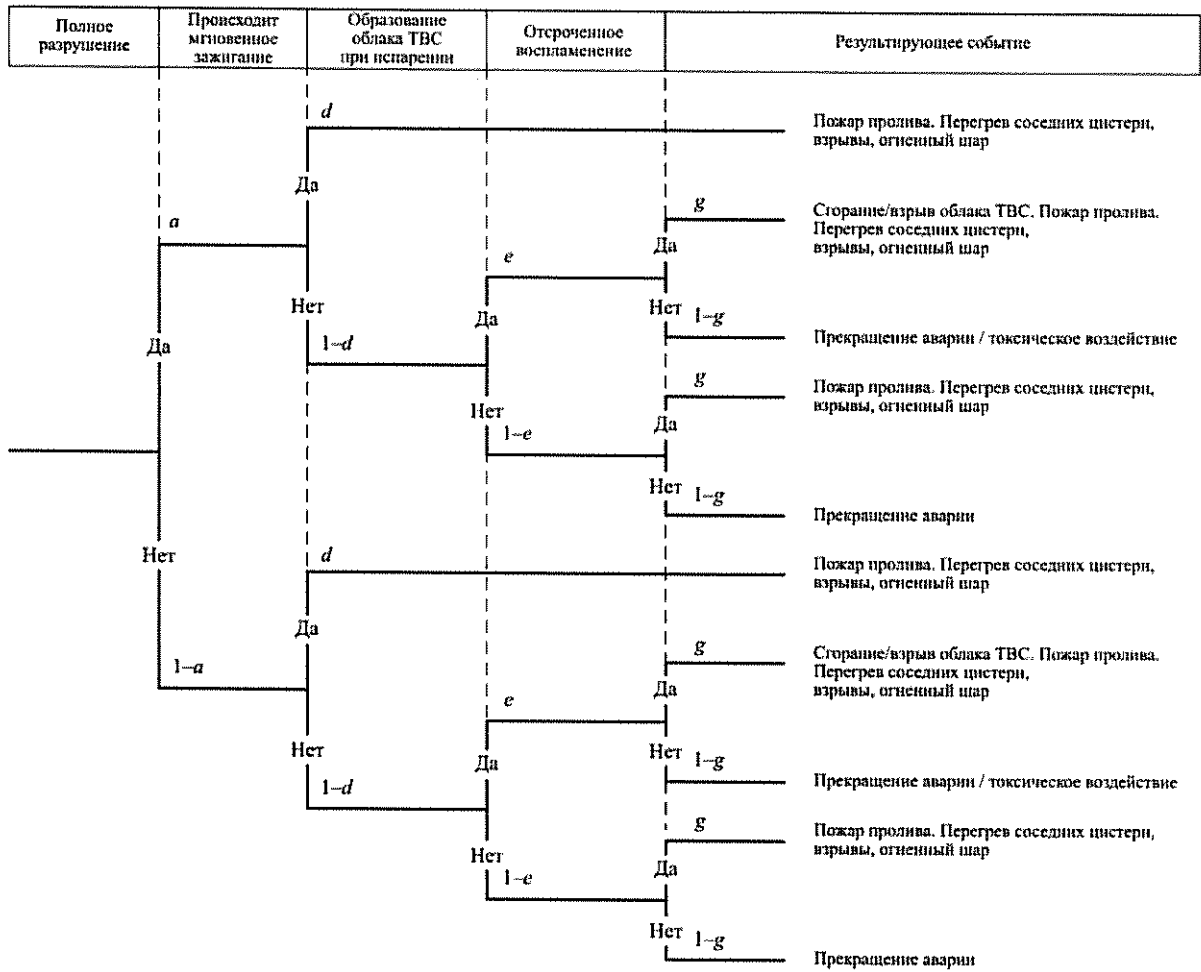


Рисунок 4-5. «Дерево событий» для сценария с воспламенением цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости

Приложение № 5
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 411

Рекомендуемый порядок расчета истечения взрывопожароопасных жидкостей из технологических трубопроводов

При аварийном истечении взрывопожароопасных 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 $G_{\text{выбр}}$ через отверстие площади S используется следующая система уравнений:

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

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

$$G_{\text{выбр}} = 0,6S \sqrt{2\rho(P_{\text{разр}} - P_{\text{а}})}; \quad (5-1)$$

$$G_{\text{выбр}} = G_{\text{до}} - G_{\text{после}};$$

$$-G_{\text{до}} = 0,25\pi d_0^2 \rho u_{\text{до}};$$

$$G_{\text{после}} = 0,25\pi d_0^2 \rho u_{\text{после}};$$

где: $x_{\text{до}}$ – координата начала трубопровода; $x_{\text{после}}$ – координата конца трубопровода; $h(x_{\text{до}})$ – высотная отметка начала трубопровода; $h(x_{\text{после}})$ – высотная отметка конца трубопровода; ρ – плотность транспортируемой среды; $P_{\text{н}}$ – давление в начале трубопровода; $P_{\text{разр}}$ – давление внутри на месте разрушения; $P_{\text{а}}$ – давление снаружи на месте разрушения; $P_{\text{к}}$ – давление в конце трубопровода; $u_{\text{до}}$ – скорость среды до места разрушения; $u_{\text{после}}$ –

скорость среды после места разрушения; d_0 – диаметр трубопровода; $G_{\text{выбр}}$ – расход на месте выброса; $G_{\text{до}}$ – расход в трубопроводе до места выброса; $G_{\text{после}}$ – расход в трубопроводе после места выброса.

Система уравнений (5-1) содержит шесть переменных, которые нужно отыскивать ($u_{\text{после}}$, $u_{\text{до}}$, $G_{\text{выбр}}$, $G_{\text{после}}$, $G_{\text{до}}$, $P_{\text{разр}}$), используя формулы из системы уравнений (5-1).

При равенстве давления на месте разрушения $P_{\text{разр}}$ давлению в окружающей среде P_a 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 в конце трубопровода P_n и P_k определяется в соответствии с характеристиками установленного в начале и в конце трубопровода оборудования (напорные характеристики насосов, конфигурации соединения насосов, давление в емкостях). После отсечения аварийного участка трубопровода давления в начале и в конце трубопровода P_n и P_k полагаются равными давлению насыщенных паров транспортируемой среды (вакуумметрическое давление), а величины $x_{\text{до}}$, $x_{\text{после}}$, $h(x_{\text{до}})$, $h(x_{\text{после}})$ соответствуют положению границы свободного зеркала жидкости в трубопроводе. Эти величины $x_{\text{до}}$, $x_{\text{после}}$, $h(x_{\text{до}})$, $h(x_{\text{после}})$ 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 (5-1) (P_n и P_k).

В случае необходимости учета нестационарности процесса истечения за счет циркуляции волн в трубопроводе система уравнений (5-1) записывается отдельно для участков, разделенных фронтами циркулирующих волн, с заданием соответствующих условий скачка параметров на этих фронтах:

$$\Delta P = C\rho\Delta u, \quad (5-2)$$

где: ΔP – скачок давления на фронте волны, сопровождающийся изменением скорости Δu ; C – скорость распространения волны в трубопроводе.

Приложение № 6
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 411

Методические документы для оценки возможных последствий аварий

Таблица № 6-1

Назначение	Документ
1. Расчет параметров ударной волны, зон поражения и разрушения при воспламенении и взрыве облаков ТВС	Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»
2. Расчет концентрационных полей при рассеивании и дрейфе облаков ТВС в поле ветра, расчета размеров зон поражения при пожаре-вспышке (сгорании) дрейфующего облака ТВС, определение массы ОВ во взрывоопасных пределах	Руководство по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ»
3. Определение параметров воздействия и зон поражения при горении пролива, огненном шаре, факельном горении	Методика определения величин пожарного риска на производственных объектах
4. Расчет параметров воздействия и зон поражения при горении ОВ в зданиях	
5. Расчет параметров воздействия и зон поражения продуктами горения	
6. Расчет параметров воздействия и зон поражения осколками	Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа»

Приложение № 7
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных жидкостей»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «___» _____ 2022 г. № _____

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

Условную вероятность воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ при наличии периодически действующих источников зажигания рассчитывают по формуле:

$$P_{\text{и}} = 1 - Q(\tau), \quad (7-1)$$

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

$$\ln Q(\tau) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J F_{ih} \cdot \mu_j \cdot [(1 - a_j \cdot p_j) \cdot e^{-\lambda_j p_j d_{ih}} - 1], \quad (7-2)$$

где: i – номер элементарной площадки в расчетной области; $j = 1, \dots, J$ – 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:

$$a_j = \tau_i / (\tau_a + \tau_i), \quad (7-3)$$

где: τ_a – время (период) между периодами активации источника зажигания, мин; τ_i – время, в течение которого источник зажигания активен, мин; p_j – физический потенциал воспламенения j -го источника зажигания (таблица № 1 приложения № 7 к Руководству).

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:

$$\lambda_j = 1/(\tau_a + \tau_i) . \quad (7-4)$$

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 рассчитывают по формуле:

$$P_{и} = 1 - [Q(\tau)] \prod_{j=1}^I (1 - p_j) . \quad (7-5)$$

При описании территориального распределения и характеристик источников зажигания в расчетной области для последующего расчета условной вероятности зажигания облака рекомендуется пользоваться данными таблицы № 2 приложения № 7 к Руководству.

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