

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому,
технологическому и атомному
надзору
от «__» _____ 2014 г. № ____

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТАХ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫЕ ЖИДКОСТИ»

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости» (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., рег. № 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., рег. № 29581).

2. Руководство распространяется на линейные объекты, транспортирующие взрывопожароопасные жидкости в составе опасных производственных объектов.

3. Настоящее 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 линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости.

4. Организации, осуществляющие оценку риска аварий могут использовать иные обоснованные способы и методы, чем те, которые указаны в настоящем Руководстве, в случае, если они получили одобрение Научно-технического совета Ростехнадзора.

5. В настоящем Руководстве применяют сокращения, а также термины и определения, приведенные в приложениях № 1 и № 2 настоящего Руководства.

II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ НА ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТАХ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫЕ ЖИДКОСТИ

6. Основные методические принципы и общие требования к процедуре анализа опасностей и оценки риска аварий установлены в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

7. Общая процедура анализа опасностей и оценки риска включает: планирование и организацию работ, идентификацию опасностей, оценку риска, определение степени опасности линейных объектов и/ или их участков, разработку рекомендаций по уменьшению рисков.

8. Исходные данные, сделанные допущения и предположения, результаты оценки риска аварий на линейных объектах транспортирующих взрывопожароопасные жидкости 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 аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, должны соответствовать действующим документам по оформлению

в области, соответствующей области их применения. Общие требования к оформлению результатов оценки степени риска аварии 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» необходимо конкретизировать цели проведения оценки риска аварии на опасном производственном объекте (далее – ОПО), определить полноту, детальность и ограничения планируемой процедуры по оценке риска аварий, выбрать показатели риска и установить критерии допустимого/ приемлемого риска.

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

12. Для оценки опасности аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, 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 линейного протяженного объекта) показателях. Полный перечень показателей опасности аварии приведен в Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Перечень рассчитываемых показателей риска аварии определяется соответствующими задачами оценки риска аварии на ОПО.

13. Интегральные показатели риска аварии рекомендуется представлять в виде значений, рассчитанных для каждого участка/ составной части анализируемого объекта, а также просуммированных для всего линейного объекта, транспортирующего взрывопожароопасные жидкости, или для всего ОПО.

14. При принятии решения о размещении линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, 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 линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, 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 аварии используются для ранжирования участков/составных частей линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, по степени опасности и обоснования приоритетов в мероприятиях по обеспечению безопасного функционирования объектов (риск-ориентированный подход).

IV. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ АВАРИЙ

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

18. На этапе «Идентификация опасностей аварии» необходимо:

а) провести сбор и оценку достоверности исходной информации, необходимой для оценки риска аварий на линейных объектах,

транспортирующих взрывопожароопасные жидкости. Типовой перечень исходной информации приведен в приложении № 3 настоящего документа;

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

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

19. На линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, 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 ведения 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 линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, представлены в приложении № 4.

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 аварии.

23. Частоты разгерметизации оборудования/ технических устройств рекомендуется оценивать согласно Методическим основам по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Типовые частоты аварийной разгерметизации на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, приведены в приложении № 5.

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») с учетом влияния методов управления надежностью технических устройств (ГОСТ Р 27.606-2013 «Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность») и методов контроля заданных показателей надежности (ГОСТ Р 27.403-2009 «Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы»).

25. Для определения условной вероятности сценария аварии 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 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:

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 течении времени обнаружения выброса и перекрытия запорной арматуры (задвижек) с учетом массы стока вещества из отсеченного блока (трубопровода). При отсутствии достоверных сведений время обнаружения выброса и перекрытия задвижек рекомендуется принимать равным 600 сек. в случае наличия средств

противоаварийной защиты и системы обнаружения утечек и 1800 сек. в случае их отсутствия.

31. Рекомендуемый порядок расчета массы истечения взрывопожароопасных жидкостей из технологических трубопроводов приведен в приложении № 7.

32. Оценку возможных последствий аварий рекомендуется проводить на основе методических документов, указанных в табл. 1.

Таблица 1

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
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	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	

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 гибели людей при пожарах в помещениях (в т.ч. от отравления токсичными продуктами горения), с учетом их эвакуации рекомендуется использовать приложение № 5 к Методике определения величин пожарного риска на производственных объектах.

35. Число пострадавших от аварии 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. Расчет плат за загрязнение окружающей среды должен производиться в соответствии с действующими нормативными документами.

37. При оценке опасности каскадного развития аварии («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 условной вероятности воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных жидкостей рекомендуется учитывать размещение источников зажигания по близлежащей территории (см. приложение № 6.)

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

VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫЕ ЖИДКОСТИ, И ИХ УЧАСТКОВ

41. При определении степени опасности линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, их участков/составных частей проводятся сопоставительные оценки рассчитанных показателей риска аварии:

- с установленным в нормативных документах допустимым или приемлемым уровнем риска аварии;
- с допустимым или приемлемым уровнем риска аварии, определенным и выбранным на этапе планирования и организации работ;
- с фоновым риском аварии для внешнего окружения ОПО и/или с фоновым риском гибели людей в техногенных происшествиях;
- с фоновым среднеотраслевым риском аварии на линейных объектах в составе ОПО;
- со значениями риска аварии до и после возможных и фактических отступлений от требований промышленной безопасности, а также до и после возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий.

42. В зависимости от поставленных задач при определении степени опасности линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, их участков/составных частей может проводиться:

а) ранжирование участков линейных объектов по значениям рассчитанных показателей риска аварии;

б) сравнение рассчитанных показателей риска аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, их участках/составных частях с фоновым риском аварии, и установление их степени опасности;

в) сравнение рассчитанных показателей риска аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, их участках/составных частях с допустимым или приемлемым риском аварии и установление недопустимо или неприемлемо опасных участков;

г) сравнение рассчитанных показателей риска аварии по критериям классификации аварийной опасности и установление общего класса опасности линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, в сравнении с другими ОПО.

43. Ранжирование участков линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, по основным опасностям аварий осуществляется для однотипных участков по характерным для них показателям риска аварий. На основе ранжирования устанавливают степень опасности участков/составных частей линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости.

44. Опасность аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, их участках/составных частях рекомендуется устанавливать относительным сравнением с фоновым (среднеотраслевым) уровнем риска аварии, либо сравнением с критериями классификации аварийной опасности ОПО (табл.2).

45. При наличии установленных значений допустимого или приемлемого риска аварии определяются недопустимо или неприемлемо опасные участки/составные части линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости.

Таблица 2

Показатели и критерии классификации аварийной опасности производственных объектов, основанной на расчетах риска аварий их эксплуатации и учитывающей масштабы последствий аварии

Класс опасности ОПО уровню риска аварии	Наименование показателя и значения критериев аварийной опасности производственных объектов по уровню риска аварии					
	возможное наличие третьих лиц в зонах смертельного поражения	количество человек, у которых будут нарушены условия жизнедеятельности при максимальной гипотетической аварии (МГА)	возможное число погибших при МГА	кратность превышения индивидуального риска гибели персонала от аварий по сравнению среднеотраслевым уровнем	условная вероятность гибели при аварии более 10-ти человек из числа третьих лиц	возможный материальный ущерб при МГА, млн. руб.
чрезвычайно высокий риск аварии	населенные пункты или места массового скопления людей	более 1500 чел.	более 50 чел.	более 10	более 0,1	более 500
высокий риск аварии	транспортные магистрали	от 300 до 1500 чел.	от 10 до 50 чел.	1-10	0,01-0,1	50 – 500
средний риск аварии	постоянно находятся третьи лица	от 75 до 300 чел.	от 5 до 10 чел.	0,1-1	0,001-0,01	10 - 50
низкий риск аварии	эпизодически находятся третьи лица	до 75 чел.	до 5 чел.	менее 0,1	менее 0,001	менее 10

46. В целях обоснования безопасности ОПО при отступлении от требований промышленной безопасности и обосновании мероприятий, компенсирующих эти отступления, результаты анализа риска аварии ОПО используются в следующем порядке:

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

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

- оцененные изменения сравниваются с соответствующими критериями безопасной эксплуатации при отступлении от требований промышленной безопасности, которые предварительно обосновываются, например, как минимум, достаточности сохранения уровня риска аварии на ОПО неизменным и/или необходимости его снижения до заданного значения.

VII. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА АВАРИИ

47. Разработка рекомендаций по снижению риска аварии является заключительным этапом процедуры оценки риска аварии. Рекомендации должны основываться на результатах идентификации опасностей аварий, количественной оценке риска аварии и определении степени опасности участков линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости.

48. Рассчитанные показатели риска аварии на участках линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости используются для обоснования приоритетов в мероприятиях по оптимальному обеспечению безопасного функционирования ОПО в условиях опасности возможного возникновения промышленных аварий (риск-ориентированный подход).

49. Необходимость разработки рекомендаций по снижению риска аварии определяется ранжированием участков/составных частей линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, по степени опасности и обусловлена имеющимися ресурсами на внедрение дополнительных мероприятий (мер, групп мер) обеспечения безопасности технического и (или) организационного характера.

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

51. 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 аварии на ОПО;

б) минимизируя затраты, выбирают оптимальную группу мер безопасности, обеспечивающих снижение риска аварии до значений, исключающих долгосрочную эксплуатацию чрезвычайно опасных участков ОПО.

52. В рамках риск-ориентированного подхода можно выделить две группы мер обеспечения безопасности: организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение вероятности аварии и меры, направленные на смягчение тяжести последствий аварии.

53. Меры по уменьшению вероятности возникновения аварийной ситуации, включают:

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

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

54. Меры по уменьшению тяжести последствий аварии имеют следующие приоритеты:

а) меры, предусматриваемые при проектировании опасного объекта (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.

55. Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов опасных веществ (уменьшение вероятности аварии) линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, следует отметить:

- применение материалов повышенной прочности, повышение толщин стенки сосудов и трубопроводов;
- использование защитных кожухов;
- повышенная частота диагностики, испытаний на прочность и герметичность;
- повышение чувствительности и надежности систем контроля технологических процессов и блокировок.

56. 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 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 линейных
объектах транспортирующих
взрывопожароопасные жидкости»,
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому и
атомному надзору
от «___» _____ 2014 г. № _____*

Список сокращений

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

КИПиА - контрольно-измерительные приборы и аппараты;

МГА – максимальная гипотетическая авария;

НКПР - нижний концентрационный предел распространения пламени;

ОВ – опасное вещество;

ОПО – опасный производственный объект;

ТВС - топливно-воздушная смесь.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

к *Руководству по безопасности «Методика оценки риска аварий на линейных объектах транспортирующих взрывопожароопасные жидкости», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «___» _____ 2014 г. № _____*

Термины и определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

авария: Разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

анализ риска аварии: Процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии на опасном производственном объекте для отдельных лиц или групп людей, имущества или окружающей природной среды.

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.

идентификация опасностей аварии: Процесс выявления и признания, что опасности аварии на опасном производственном объекте существуют, и определения их характеристик.

линейные объекты: Технологические трубопроводы и эстакады, транспортные пути перевозки опасных веществ.

огненный шар: Крупномасштабное диффузионное пламя, реализуемое при сгорании парогазового облака с концентрацией горючего выше верхнего концентрационного

передела распространения пламени. Такое облако может быть реализовано, например, при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара.

опасность аварии: Угроза, возможность причинения ущерба человеку, имуществу и (или) окружающей среде вследствие аварии на опасном производственном объекте. Опасности аварий на опасных производственных объектах связаны с возможностью разрушения сооружений и (или) технических устройств, взрывом и (или) выбросом опасных веществ с последующим причинением ущерба человеку, имуществу и (или) нанесением вреда окружающей природной среде.

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

оценка риска аварии: Процесс, используемый для определения вероятности (или частоты) и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий для здоровья человека, имущества и (или) окружающей природной среды. Оценка риска включает анализ вероятности (или частоты), анализ последствий и их сочетания.

пожарный риск: Мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

поражающий фактор аварии: Термическое, барическое (ударно-волновое), токсическое и иное воздействие, проявляющийся при возникновении аварии и способное привести к ущербу.

риск аварии: Мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий.

сценарий аварии: Последовательность отдельных логически связанных событий, обусловленных конкретным иницирующим (исходным) событием, приводящих к определенным опасным последствиям аварии.

эскалация аварии: Возникновение аварии на сооружении (технологической установке) ОПО с выбросом опасного вещества вследствие аварии на ином (соседнем) сооружении (технологической установке).

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3

*к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий на линейных
объектах транспортирующих
взрывопожароопасные жидкости»,
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому и
атомному надзору
от «___» _____ 2014 г. № _____*

Исходная информация, необходимая для оценки степени риска аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости

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 линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, первоочередными источниками исходных данных являются результаты проведения оценки технического состояния ОПО на соответствие требованиям нормативно-технических документов.

Ниже представлен типовой перечень основной исходной информации, необходимой для проведения работ по оценке степени риска аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости.

Перечень может быть уточнен, расширен в соответствии с действующей проектной и эксплуатационной документацией.

а) Генеральный план расположения линейных объектов

Планы расположения линейных объектов 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).

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 транспортирования взрывопожароопасных жидкостей, его характеристика:

диаметр, протяженность технологических трубопроводов, высотный профиль трубопроводных эстакад; характеристики и расположение трубопроводной арматуры; характеристики сливо-наливных эстакад (протяженность, производительность налива, количество одновременно разгружаемых/загружаемых цистерн);

протяженность ж/д путей и автодорог для перевозки взрывопожароопасных жидкостей.

Перечень технологического оборудования следует представлять в виде таблицы, аналогичной табл.3-1.

Таблица 3-1

Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества

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

е) Сведения об общем количестве опасных веществ, находящихся в технических устройствах - аппаратах (емкостях), трубопроводах, 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 табл. 3-2. Следует рассматривать смежное оборудование (резервуары, емкости) для учета возможности поступления пожаровзрывоопасных жидкостей из сопряженных блоков.

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		
но- мер бло- ка	наименование оборудования, № по схеме, опасное вещество	количество единиц оборудо- вания, шт.	в единице оборудо- вания	в блоке	агрегат- ное состояние	давление, МПа	темпе- ратура, °С

ж) Основные характеристики опасных веществ. Для пожаровзрывоопасных жидкостей следует указать следующие характеристики:

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 токсодоза).

з) 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 должно содержать:

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 внутрплощадочных дорог;

состав и расположение средств первичного пожаротушения, системы пожаротушения;

к) Климатическая характеристика района расположения ОПО.

Для районов расположения линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости, 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 продукта.
 - м) Перечень аварий, инцидентов и отказов, имевших место на данном ОПО.
-

ПРИЛОЖЕНИЕ № 4

к *Руководству по безопасности «Методика оценки риска аварий на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «___» _____ 2014 г. № _____*

Рекомендации по выделению типовых сценариев аварий на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости

На линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости рекомендуется рассматривать следующие расчетные сценарии аварий:

- а) разгерметизация технологических трубопроводов на эстакаде;
- б) сход/разрушение цистерны (группы цистерн), содержащей продукт 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

Разрушение (частичное или полное) технологического трубопровода/трубопроводной арматуры → поступление в окружающую среду взрывопожароопасной жидкости (в т.ч. жидкости в перегретом состоянии) → при наличии источника зажигания немедленное воспламенение, горение факела и/или пролива (при выбросе нескипающих (стабильных) жидкостей горящий факел образуется только на малых отверстиях разгерметизации, свищах) → в случае отсутствия источника зажигания истечение жидкости, при наличии перегрева жидкости происходит ее вскипание, образование парокapельной смеси в атмосфере → образование и распространение пролива взрывопожароопасной жидкости, его частичное испарение, в случае если температура проливающейся жидкой фракции меньше температуры подстилающей поверхности, кипение пролива → образование взрывоопасной концентрации паров взрывопожароопасной жидкости в воздухе от испарения/кипения пролива, а при истечении перегретой жидкости и от вскипания выброса → дрейф облака ТВС → воспламенение паров ТВС при наличии источника зажигания → сгорание/взрыв облака ТВС → пожар разлива и, в случае свища, либо в случае выброса перегретой жидкости, горение факела → попадание в зону возможных поражающих факторов (тепловое излучение,

открытое пламя, токсичные продукты исходного выброса либо продукты горения, барическое воздействие) людей, оборудования, зданий, сооружений → последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества → локализация и ликвидация разлива (пожара).

Типовое «дерево событий» при разгерметизации участка трубопровода с взрывопожароопасной жидкостью приведено на рис. 4-1.

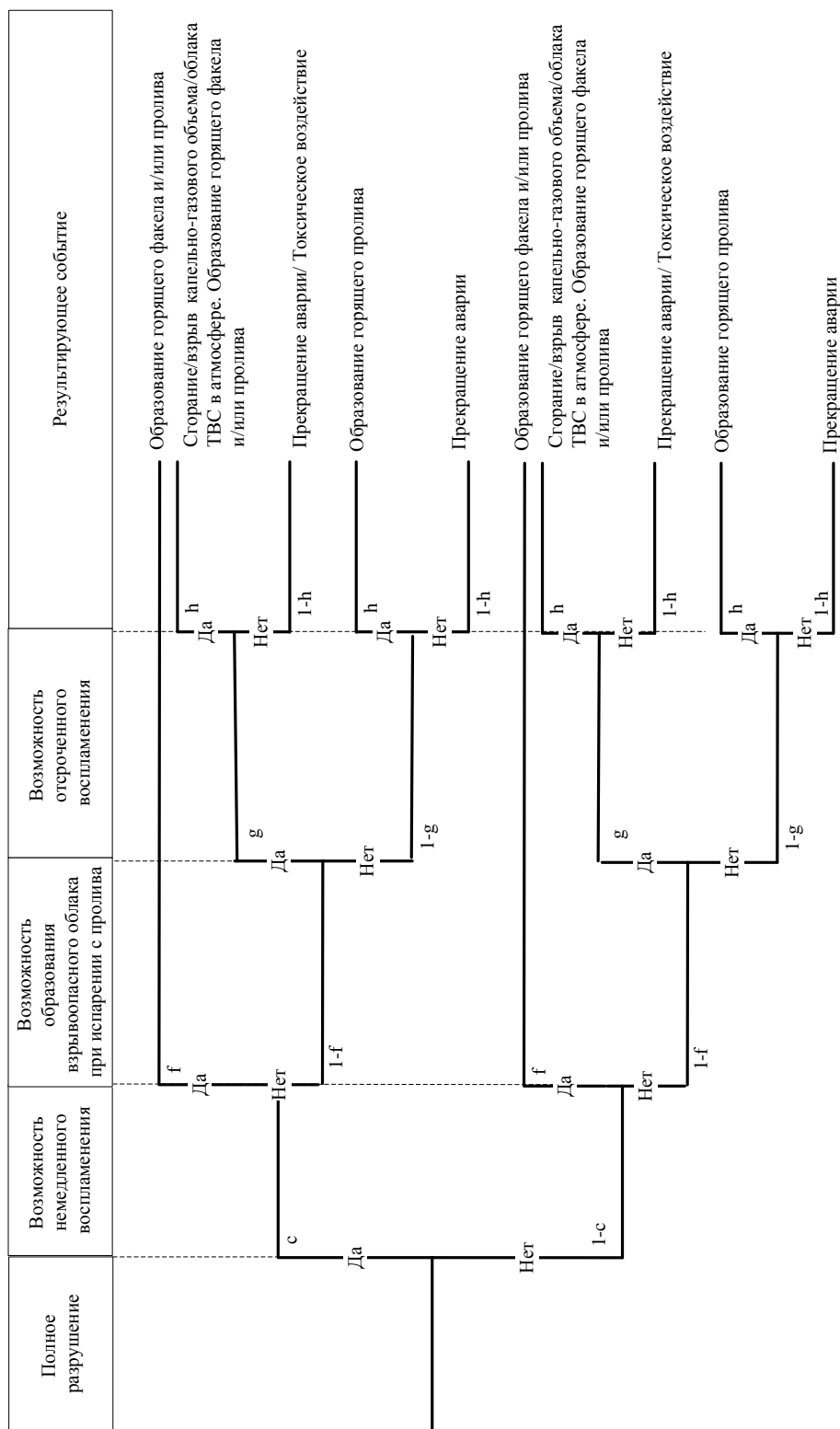


Рис. 4-1. «Дерево событий» при разгерметизации технологического трубопровода на эстакаде

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 рис. 4-1 принимаются следующие условные вероятности событий:

- а) полный разрыв трубопровода (с) – согласно приложению № 5;
- 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 № 6.

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

На рис.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 (а, 1-а и т.д.) 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 продукт при атмосферном давлении

Частичное или полное разрушение цистерны, группы цистерн (в случае их схода) со взрывопожароопасной жидкостью (жидкость находится при атмосферном давлении) → поступление взрывопожароопасной жидкости (жидкой фазы и паров) в окружающую среду → истечение и разлив взрывопожароопасной жидкости → при наличии источника зажигания воспламенение и пожар разлива → в случае отсутствия мгновенного воспламенения частичное испарение взрывопожароопасной жидкости → образование облака взрывоопасной смеси паров с воздухом → распространение пролива и взрывоопасного облака парогазовой смеси → попадание облака ТВС или разлитой взрывопожароопасной жидкости в зону нахождения источника зажигания → сгорание/взрыв взрывоопасного облака → 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 → последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в т.ч. взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении → локализация и ликвидация разлива (пожара).

Следует отметить, что образование огненного шара на цистернах следует рассматривать только для жидкостей с температурой начала кипения менее +60-65 С.

«Дерево событий» для сценария сход/разрушение цистерны (группы цистерн) приведено на рис. 4-2. Конечные ветви «дерева событий», отмеченные словом «Прекращение аварии», при наличии в этих сценариях горения будут сопровождаться воздействиями, перечисленными выше в описании сценариев.

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

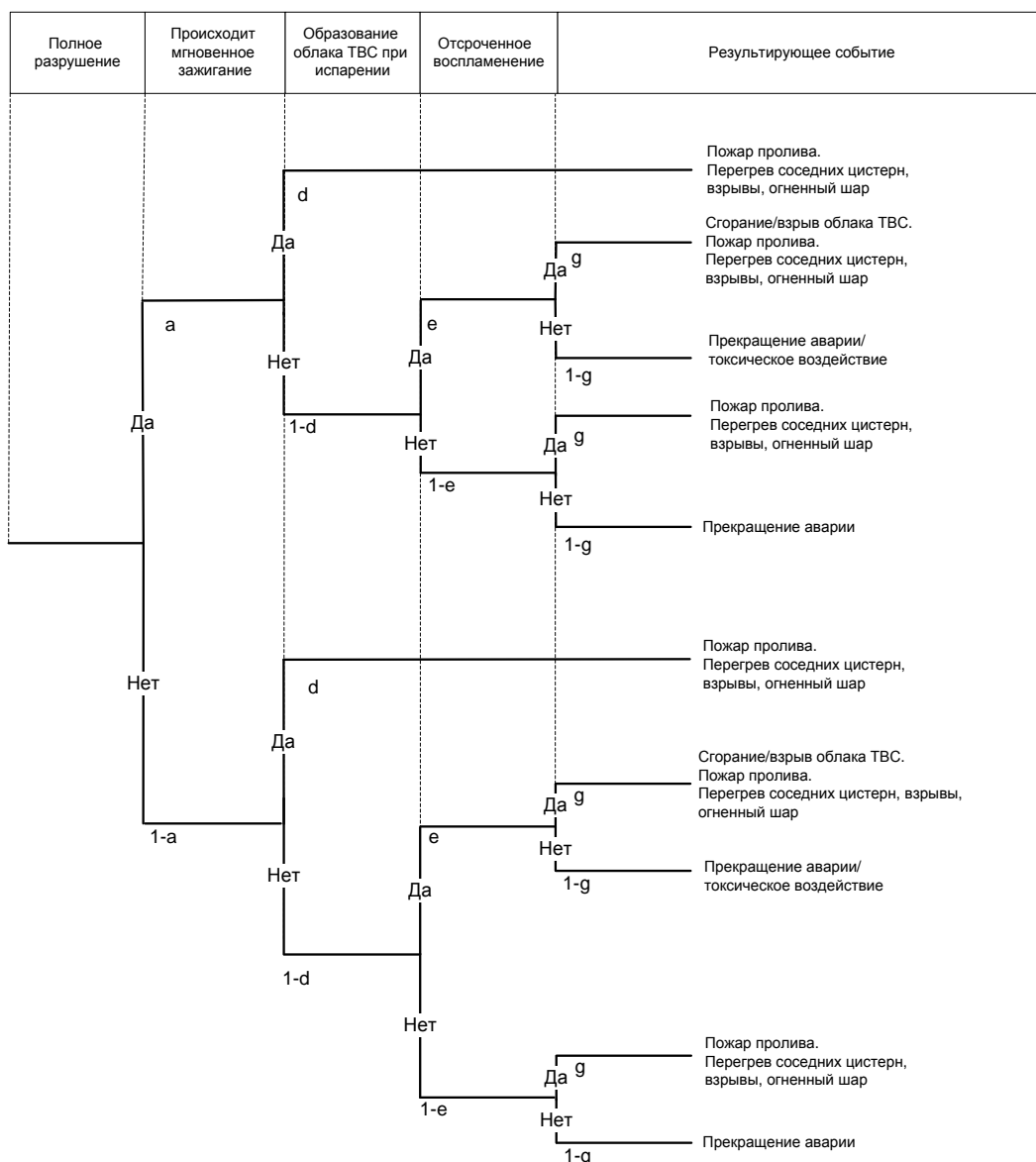


Рис. 4-2. «Дерево событий» сход/разрушение цистерны (группы цистерн), содержащей продукт при атмосферном давлении

На рис.4-2 принимаются следующие условные вероятности событий:

- полное разрушение цистерны – согласно приложению № 5;
- 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;
- образование дрейфующего облака топливно-воздушной смеси (e) – для взрывопожароопасных жидкостей с давлением насыщенных паров менее 10 кПа – 0, в остальных случаях – 1;
- отсроченное воспламенение (g) – в зависимости от распределения источников зажигания (см. приложение № 6.)

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 зажигании с формированием очага горения

Образование облака паров взрывопожароопасной жидкости при сбросе через дыхательную арматуру, открытый люк, зазоры → загазованность окружающего пространства с образованием объемов ТВС во взрывоопасных пределах, их воспламенение → сгорание/взрыв облака ТВС в т.ч. с проскоком во внутренний объем цистерны и внутренним взрывом → воспламенение и горение в цистерне → разрушение цистерны, выброс горячей жидкой фазы, пожар пролива на прилегающих территориях → 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 → последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в т.ч. взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении → локализация и ликвидация разлития (пожара).

«Дерево событий» для сценария с образованием шлейфа паров взрывопожароопасной жидкости на дыхательной арматуре/ люке/зазоре и его зажигании с формированием очага горения приведено на рис. 4-3.

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

Образование в цистерне ТВС (в результате испарения взрывопожароопасной жидкости, подсоса воздуха), инициирование смеси (заряды атмосферного и статического электричества, огневых работ, пирофорные отложения, внешний нагрев, проскок пламени по шлейфу паров ТВС и т.д.), сгорание/взрыв ТВС внутри цистерны → поражение взрывом объектов и людей, находившихся вблизи цистерны (волны сжатия и разрежения - затягивание в люк, открытое пламя, горячие продукты взрыва, излучение) → возможные горение в резервуаре, разрушение цистерны, выброс жидкой фазы (в т.ч. горячей), пожар пролива на прилегающих территориях → 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 → последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в т.ч. взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении → 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 «Разрушение цистерны» (рис.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 (рис.4-3). Если пожар не возникает, то развитие аварийной ситуации можно считать законченной.

«Дерево событий» для сценария с внутренним взрывом в цистерне приведено на рис.4-4.

факела → в случае отсутствия немедленного источника зажигания образование и распространение пролива взрывопожароопасной жидкости, его частичное испарение → образование взрывоопасной концентрации паров взрывопожароопасной жидкости в воздухе от испарения пролива → дрейф облака ТВС → воспламенение паров ТВС при наличии источника зажигания → сгорание/взрыв облака ТВС → пожар разлива и, в случае свища, либо в случае выброса перегретой жидкости, горение факела → 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 → последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества, в т.ч. взрывы соседних цистерн, образование на них огненного шара при их перегреве и разрушении → локализация и ликвидация разлива (пожара).

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

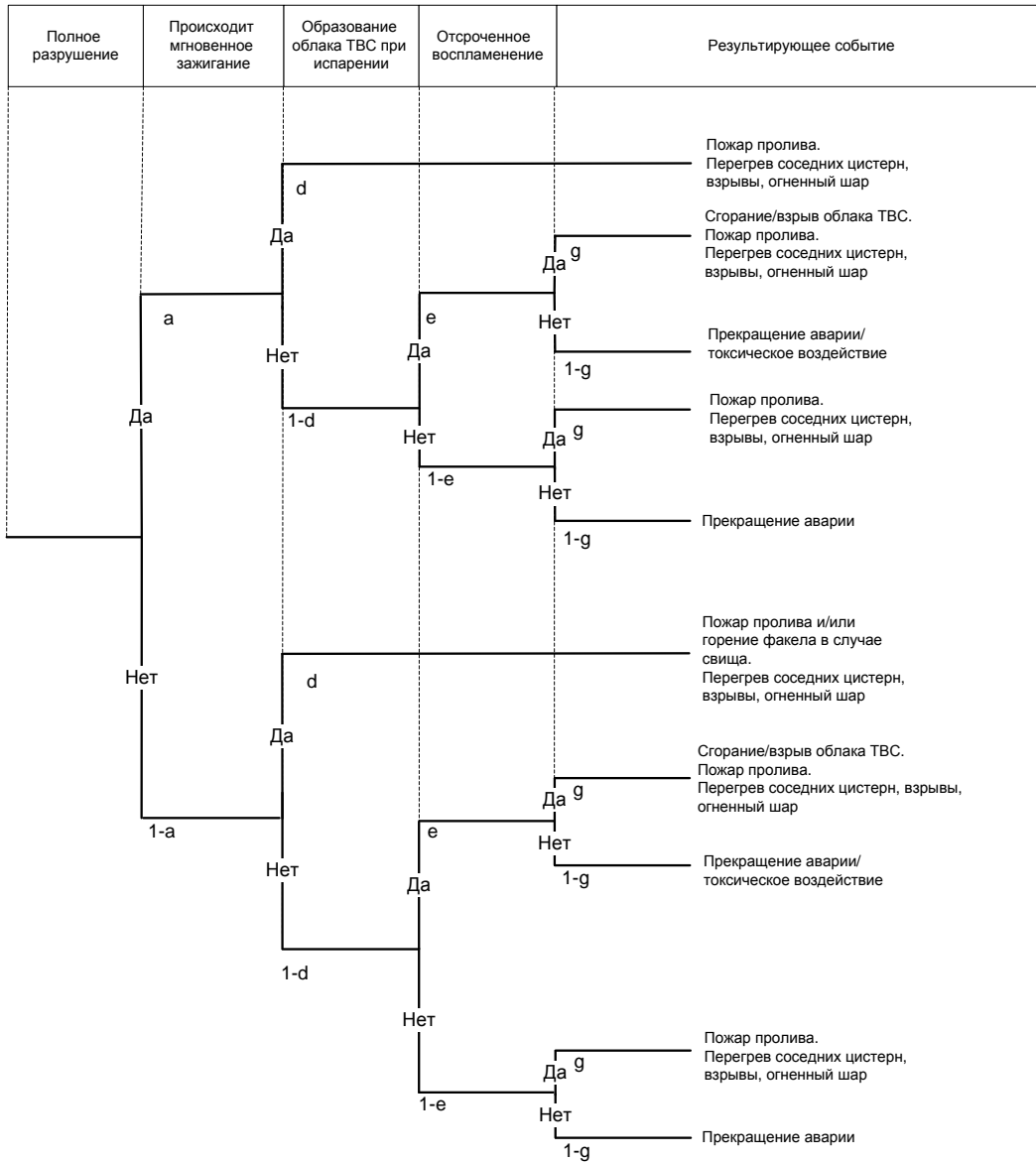


Рис. 4-5. «Дерево событий» для сценария с воспламенением цистерны при сливе-наливе взрывопожароопасной жидкости

- а) полное разрушение – согласно приложению № 5;
- 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 топливно-воздушной смеси (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 (см. приложение № 6.)

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

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5

к *Руководству по безопасности «Методика оценки риска аварий на линейных объектах транспортирующих взрывопожароопасные жидкости», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «___» _____ 2014 г. № _____*

Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные жидкости

*Таблица 5-1***Частоты разгерметизации трубопроводов**

Внутренний диаметр трубопровода	Частота разгерметизации, год ⁻¹ ·м ⁻¹	
	Разрыв на полное сечение, истечение из двух концов трубы	Истечение через отверстие с эффективным диаметром 10 % от номинального диаметра трубы, но не больше 50 мм
Менее 75 мм	1×10^{-6}	5×10^{-6}
От 75 до 150 мм	3×10^{-7}	2×10^{-6}
Более 150 мм	1×10^{-7}	5×10^{-7}
Примечания: 1. Частоты приведены для технологических трубопроводов, не подверженных интенсивной вибрации, не работающих в агрессивной среде, при отсутствии эрозии, не подверженных циклическим тепловым нагрузкам. 2. При наличии указанных факторов частота повышается в 3–10 раз в зависимости от специфики условий. 3. Разгерметизация на фланцевых соединениях добавляется к разгерметизациям на трубопроводах. Одно фланцевое соединение по частоте разгерметизации приравнивается к 10 м трубопровода. 4. Длина трубопровода не менее 10 м. При меньшей длине она считается равной 10 м.		

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

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 сливоналивного рукава	Утечка из сливоналивного рукава через отверстие с эффективным диаметром 10% от номинального диаметра, максимум 50 мм	Полное разрушение жесткого сливоналивного устройства	Утечка из жесткого сливоналивного устройства через отверстие с эффективным диаметром 10% от номинального диаметра, максимум 50 мм
Цистерна под избыточным давлением	$5 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$	$5 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$	$4 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$	$4 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$	$3 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-8}$	$3 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-7}$
Цистерна при атмосферном давлении	$1 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$	$5 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$	$4 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$	$4 \times 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$	$3 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-8}$	$3 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-7}$

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 $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ для цистерн под избыточным давлением и $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ для цистерн при атмосферном давлении.
3. При наличии нескольких цистерн в расчетах рекомендуется учитывать эффект «домино».

ПРИЛОЖЕНИЕ № 6

к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий на линейных
объектах транспортирующих
взрывопожароопасные жидкости»,
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому и
атомному надзору
от «___» _____ 2014 г. № _____

**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:

$$P_{II} = 1 - Q(\tau), \quad (6-1)$$

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

$$\ln Q(\tau) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J F_{ih} \cdot \mu_j \cdot \left[(1 - a_j \cdot p_j) \cdot e^{-\lambda_j p_j d_{ih}} - 1 \right], \quad (6-2)$$

где i – номер элементарной площадки в расчетной области;

$j = 1, \dots, J$ – номер источника воспламенения на элементарной площадке;

F_{ih} – площадь i -ой элементарной площадки, га;

μ_j – плотность распределения источников зажигания, шт/га;

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

$$a_j = \tau_i / (\tau_a + \tau_i), \quad (6-3)$$

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 (см. табл. 6-1).

Таблица 6-1

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

$$\lambda_j = 1/(\tau_a + \tau_i), \quad (6-4)$$

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 рассчитывается по формуле

$$P_{II} = 1 - [Q(\tau)] \prod_{j=1}^J (1 - p_j), \quad (6-5)$$

При описании территориального распределения и характеристик источников зажигания в расчетной области для последующего расчета условной вероятности зажигания облака рекомендуется пользоваться данными табл. 6-2.

Таблица 6-2

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

ПРИЛОЖЕНИЕ № 7

к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий на линейных
объектах транспортирующих
взрывопожароопасные жидкости»,
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому и
атомному надзору
от «___» _____ 2014 г. № _____

Расчет массы выбросов опасных веществ**Рекомендуемый порядок расчета истечения пожаровзрывоопасных жидкостей из 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 $G_{\text{выб}}$ через отверстие разрушение площади S используется следующая система уравнений:

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

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

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

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

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

$$G_{\text{после}} = 0,25\pi d_0^2 \rho u_{\text{после}};$$
(7-1)

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;

$P_{\text{разр}}$ – давление внутри на месте разрушения;

$P_{\text{а}}$ – давление снаружи на месте разрушения;

d_0 – диаметр трубопровода;

$u_{\text{до}}$ – скорость среды до места разрушения;

$u_{\text{после}}$ – скорость среды после места разрушения;

$G_{\text{выбр}}$ – расход на месте выброса;

$G_{\text{после}}$ – расход в трубопроводе после места выброса;

$G_{\text{до}}$, – расход в трубопроводе до места выброса;

$P_{\text{н}}$ – давление в начале трубопровода;

$P_{\text{к}}$ – давление в конце трубопровода.

Система уравнений (7-1) 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 шесть вышеприведенных уравнений.

При равенстве давления на месте разрушения $P_{\text{разр}}$ давлению в окружающей среде $P_{\text{а}}$ 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 справочником Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М.О. Штейнберга, 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1997.-672 С. При расчете λ учитывается и многофазность, если в трубопроводе движется газожидкостная среда.

Давление в начале и в конце трубопровода $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ определяется в соответствии с характеристиками установленного в начале и в конце оборудования (напорные характеристики насосов, конфигурации соединения насосов, давления в емкостях). После отсечения аварийного участка трубопровода давления в начале и в конце трубопровода $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ давления в начале и в конце трубопровода 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 т.ч. 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 (7-1) ($P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$).

В случае необходимости учета нестационарности процесса истечения за счет циркуляции волн в трубопроводе, система уравнений (7-1) записывается отдельно для участков разделенных фронтами циркулирующих волн с заданием соответствующих условий скачка параметров на этих фронтах:

$$\Delta P = C_p \Delta u, \quad (7-2)$$

где C – скорость распространения волны в трубопроводе;

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