

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 ГАЗЫ»**

**I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы» (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 газы 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 газы.

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 ГАЗЫ**

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 газы 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 газы, 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 газы, 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 газы, или для всего ОПО.

14. При принятии решения о размещении линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы, 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 газы, 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 газы. 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 газов (внутри промплощадок).

20. При анализе причин возникновения аварийных ситуаций на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы, 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 газы, 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 газов 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   |   |
| 6. Расчет параметров воздействия и зон поражения осколками  | СТО Газпром 2-2.3-400-2009 «Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром» |

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. При оценке гибели людей от переохлаждения при проливах испаряющихся сжиженных углеводородных газов рекомендуется принимать, что погибают все люди, оказавшиеся в зоне пролива.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. При определении условной вероятности воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных газов рекомендуется учитывать размещение источников зажигания по близлежащей территории (см. приложение № 6.)

40. 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.

41. 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 ГАЗЫ, И ИХ УЧАСТКОВ**

42. При определении степени опасности линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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.

43. В зависимости от поставленных задач при определении степени опасности линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы, их участках/составных частях с фоновым риском аварии, и установление их степени опасности;

в) сравнение рассчитанных показателей риска аварии на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы, в сравнении с другими ОПО.

44. Ранжирование участков линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы.

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

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

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  |

47. 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**

48. 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 газы.

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

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

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

52. 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.

53. 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.

54. 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).

55. 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.

56. Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов опасных веществ (уменьшение вероятности аварии) линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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.

57. 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 газы», утвержденному  
приказом Федеральной службы по  
экологическому, технологическому и атомному  
надзору  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. № \_\_\_\_\_*

**Список сокращений**

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

ВВС – воздушная волна сжатия;

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 газы», 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 газы:** Горючие газы, в том числе сжиженные углеводородные газы.

**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 предела 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 инициирующим (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 газы», 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 газы**

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 газы, 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 газы.

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 газы, 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 газов.

д) Перечень технологического оборудования для транспортирования взрывопожароопасных газов, 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 сжиженных газов.

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 газов следует представлять в виде таблицы, аналогичной табл. 3-2. Следует рассматривать смежное оборудование (резервуары, емкости) для учета возможности поступления пожаровзрывоопасных газов из сопряженных блоков.

Таблица 3-2

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

| Технологический блок, оборудование |  |  | Количество<br>опасного<br>вещества, т |         | Физические условия<br>содержания опасного вещества |                  |                         |
|------------------------------------|--|--|---------------------------------------|---------|--|------------------|-------------------------|
| но-<br>мер<br>бло-<br>ка           | наименование<br>оборудования,<br>№ по схеме,<br>опасное вещество | количество<br>о единиц<br>оборудо-<br>вания, шт. | в<br>единице<br>оборудо-<br>вания     | в блоке | агрегат-<br>ное<br>состояние                       | давление,<br>МПа | темпе-<br>ратура,<br>°С |
|                                    |  |  |                                       |         |  |                  |                         |

ж) Основные характеристики опасных веществ. Для пожаровзрывоопасных газов 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 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 газов из смежного оборудования (резервуары, емкости).

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

размеры и вместимость защитных обвалований и отбортовок технологических площадок;

размеры защитных ограждений, приподнятости внутриплощадочных дорог;

состав и расположение средств первичного пожаротушения, системы пожаротушения;

к) Климатическая характеристика района расположения ОПО.

Для районов расположения линейных объектов, транспортирующих взрывопожароопасные газы, 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 газы», утвержденному  
приказом Федеральной службы по  
экологическому, технологическому и атомному  
надзору  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. № \_\_\_\_\_*

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

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

- а) разгерметизация технологических трубопроводов на эстакаде (пожар колонного типа в загроможденном пространстве или струевое пламя);
- б) сход/ разрушение цистерны (группы цистерн) со сжиженным газом.

**А. Разгерметизация технологического трубопровода на эстакаде**

**А1: Пожар колонного типа в загроможденном пространстве**

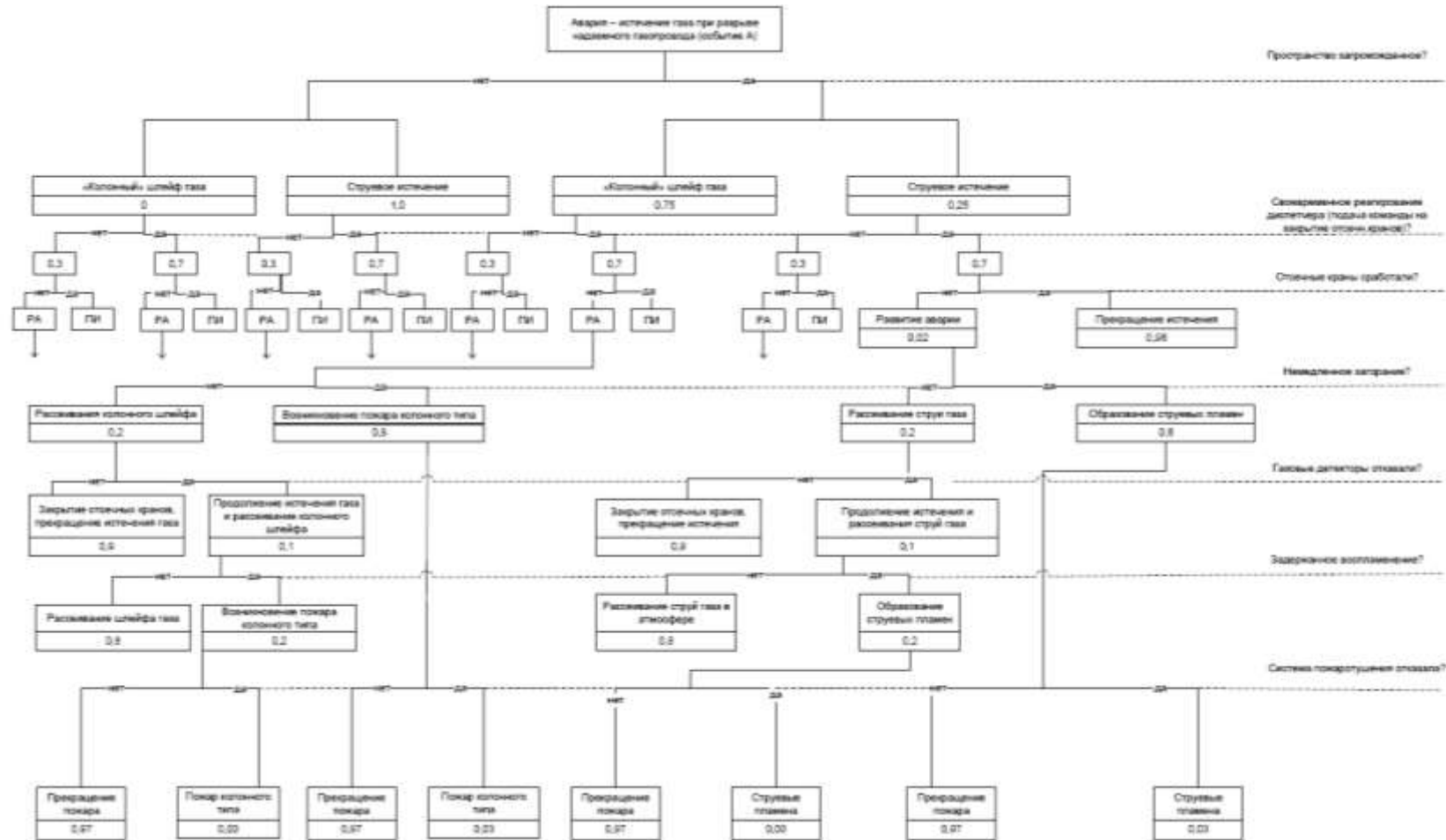
Разрыв надземного наружного технологического газопровода при наличии вблизи места разрыва преграды (оборудования, сооружения, здания) → образование ВВС в момент разрыва → разлет фрагментов трубы → истечение струй газа из концов разорванного газопровода и их взаимодействие с окружающими преградами, ограничивающими динамическое распространение струй газа → воспламенение образовавшейся газозвушной смеси с возникновением в условиях загроможденного пространства пожара колонного типа → несрабатывание или безуспешная отработка систем пожаротушения → термическое воздействие пожара на технологическое оборудование, здания и сооружения площадочного объекта, а также на персонал, оказавшийся вне помещений → возможное каскадное развитие аварии при воздействии поражающих факторов на оборудование под давлением, емкости и аппараты, содержащие сжиженный газ, с распространением поражающих факторов за пределы объекта → разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на объекте и, возможно, имущества третьих лиц и компонентов природной среды за пределами объекта, гибель или получение людьми (персоналом и, возможно, населением) ожогов различной степени тяжести, а также травм от действия ВВС, осколков.

**A2: Струевые пламена**

Разрыв надземного наружного технологического газопровода → образование ВВС в момент разрыва → разлет фрагментов трубы → истечение газа из концов разорванного газопровода в виде высокоскоростных струй → воспламенение истекающего газа с образованием высокоскоростных струй пламени (факелов) → несрабатывание или безуспешная отработка систем пожаротушения → свободная ориентация факелов в горизонтальной плоскости → прямое и радиационное термическое воздействие пожара на технологическое оборудование, здания и сооружения площадочного объекта, а также на людей, оказавшихся вне помещений → возможное каскадное развитие аварии при воздействии поражающих факторов на оборудование под давлением, емкости и аппараты, содержащие сжиженный газ, с распространением поражающих факторов за пределы объекта → разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на объекте и, возможно, имущества третьих лиц и компонентов природной среды за пределами объекта, гибель или получение людьми (персоналом и, возможно, населением) ожогов различной степени тяжести, а также травм от действия ВВС, осколков.

Типовое «дерево событий» при разгерметизации участка надземного газопровода приведено на рис. 4-1.





РА – развитие аварии; ПИ – прекращение истечения; числа обозначают условные вероятности промежуточных событий. Приведенные условные вероятности могут быть скорректированы с учетом дополнительных решений, направленных на снижение риска аварий.

**Рис. 4-1.** «Дерево событий» при разгерметизации надземного газопровода

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) со сжиженным взрывопожароопасным газом**

Частичное или полное разрушение цистерны, группы цистерн (в случае их схода) со сжиженным газом → поступление сжиженного газа в окружающую среду → образование и распространение пролива сжиженного газа и его частичное испарение → образование взрывоопасной концентрации паров ОВ в воздухе → воспламенение паров ОВ и/или пролива ОВ при наличии источника зажигания → сгорание топливовоздушной смеси → пожар разлива → 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 → локализация и ликвидация разлива (пожара).

«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 сжиженных взрывопожароопасных газов 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.

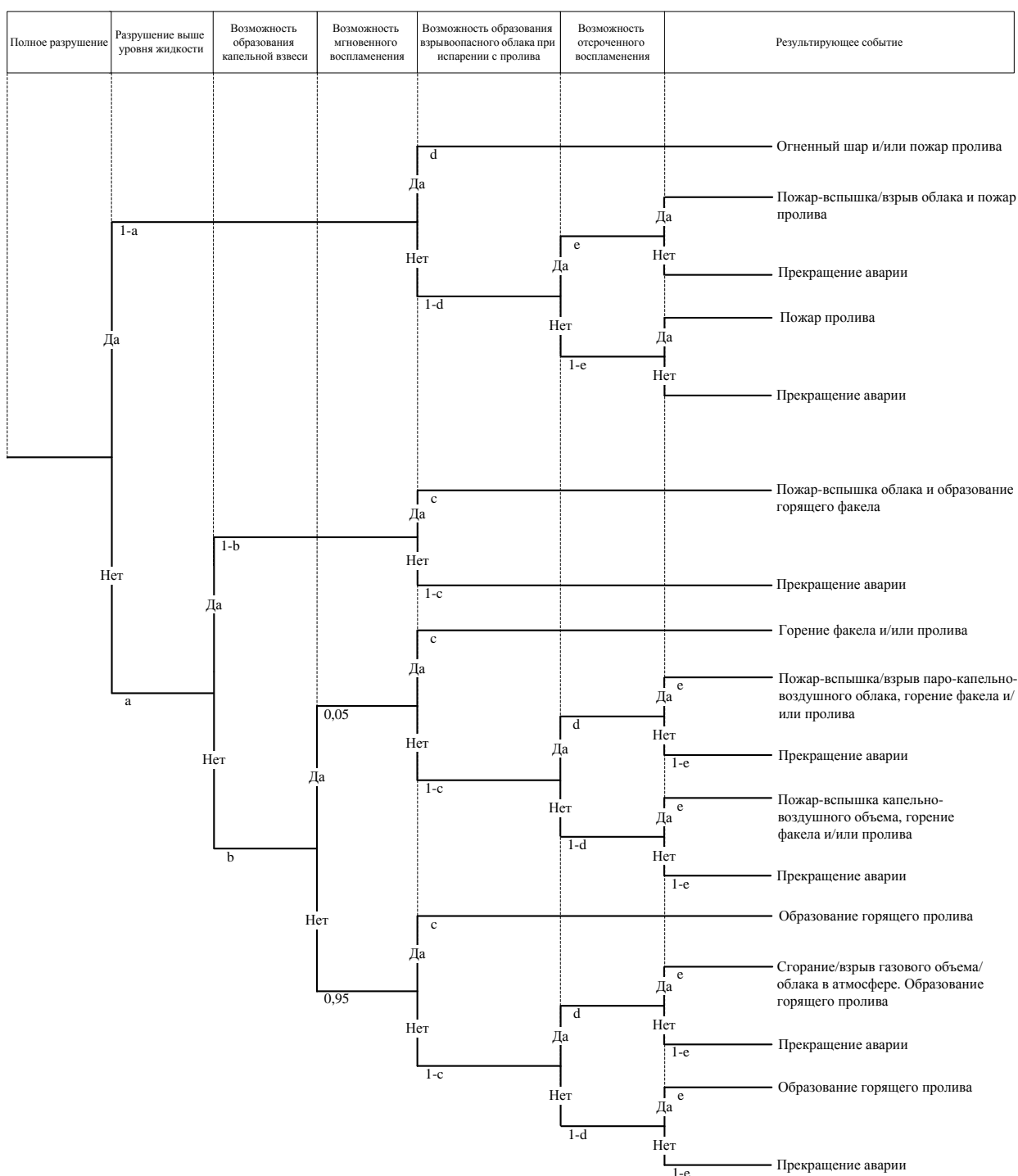


Рис. 4-2. «Дерево событий» при разрушении емкости под давлением

Принимаются следующие условные вероятности событий:

- а) резервуар сохраняет целостность после появления разрушения (а) – 0,95;
- б) разрушение ниже уровня жидкости (b) – пропорционально отношения средней высоты уровня жидкости (взлива) к высоте резервуара (если нет данных – принимается 0,8);
- в) мгновенное воспламенение и образование горящих проливов/факелов (с) – 0,05 для истечения жидкой фазы (отверстие ниже уровня жидкости), 0,2 – для истечения газовой фазы (отверстие выше уровня жидкости);

- г) образование дрейфующего облака топливно-воздушной смеси (d) – 1;
- д) появление на пути дрейфующего облака источника зажигания (e) – 0,05 для истечения жидкой фазы (отверстие ниже уровня жидкости); 0,2 – для истечения газовой фазы (отверстие выше уровня жидкости).

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

Перечисленные сценарии аварий включают в себя и сценарии, развитие которых сопровождается, так называемым, «эффектом домино». Этот эффект учитывается на последних этапах развития аварии – «последующее развитие аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества».

Переход аварийной ситуации с одной емкости на другую возможен:

- а) при разлете осколков (или отдельных элементов конструкции) и разрушении этими осколками соседних емкостей;
  - б) при охватывании пламенем емкости и потере устойчивости конструкций этой емкости;
  - в) при нагреве емкости тепловым излучением и потере устойчивости конструкций этой емкости;
  - г) при нагреве емкости тепловым излучением или пламенем и внутреннем взрыве в емкости вследствие нагрева;
  - д) при контакте пламени с загазованной областью с концентрацией выше НКПР.
-

**ПРИЛОЖЕНИЕ № 5**

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

**Частоты аварийной разгерметизации типового оборудования на линейных объектах, транспортирующих взрывопожароопасные газы**

*Таблица 5-1*

**Частоты разгерметизации трубопроводов**

| Внутренний диаметр трубопровода   | Частота разгерметизации, год <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup> |   |
|---|---|---|
|   | 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   | $1 \times 10^{-6}$  | $5 \times 10^{-6}$  |
| От 75 до 150 мм   | $3 \times 10^{-7}$  | $2 \times 10^{-6}$  |
| Более 150 мм  | $1 \times 10^{-7}$  | $5 \times 10^{-7}$  |
| <p>Примечания</p> <p>1 Частоты приведены для технологических трубопроводов, не подверженных интенсивной вибрации, не работающих в агрессивной среде, при отсутствии эрозии, не подверженных циклическим тепловым нагрузкам.</p> <p>2 При наличии указанных факторов частота повышается в 3–10 раз в зависимости от специфики условий.</p> <p>3 Разгерметизация на фланцевых соединениях добавляется к разгерметизациям на трубопроводах. Одно фланцевое соединение по частоте разгерметизации приравнивается к 10 м трубопровода.</p> <p>4 Длина трубопровода не менее 10 м. При меньшей длине она считается равной 10 м.</p> |   |   |

Таблица 5-2

## Частоты разгерметизации на трубопроводах сжиженного газа

| Оборудование                                | Частота разгерметизации, год <sup>-1</sup>  |  |
|---|---|--|
|   | Эквивалентный диаметр отверстия $\geq 1$ мм | Эквивалентный диаметр отверстия $\geq 50$ мм |
| Стальные трубы (2"), на 1 м                 | $5,7 \times 10^{-5}$                        | 0  |
| Стальные трубы (6"), на 1 м                 | $2 \times 10^{-5}$                          | $7,7 \times 10^{-8}$                         |
| Стальные трубы (18"), на 1 м                | $1,1 \times 10^{-5}$                        | $4,2 \times 10^{-8}$                         |
| Фланцевое соединение (2")                   | $3,2 \times 10^{-5}$                        | 0  |
| Фланцевое соединение (6")                   | $4,3 \times 10^{-5}$                        | $3,6 \times 10^{-7}$                         |
| Фланцевое соединение (18")                  | $1,2 \times 10^{-4}$                        | $1,1 \times 10^{-6}$                         |
| Клапан с ручным управлением (2")            | $1,4 \times 10^{-5}$                        | 0  |
| Клапан с ручным управлением (6")            | $4,38 \times 10^{-5}$                       | $4,9 \times 10^{-7}$                         |
| Клапан с ручным управлением (18")           | $2,2 \times 10^{-4}$                        | $2,3 \times 10^{-6}$                         |
| Клапан с приводом (не на трубопроводе) (6") | $2,6 \times 10^{-4}$                        | $1,9 \times 10^{-6}$                         |
| Контрольно-измерительный прибор             | $2,3 \times 10^{-4}$                        | 0  |
| Технологический сосуд                       | $5 \times 10^{-4}$                          | $1,1 \times 10^{-4}$                         |
| Центробежный насос                          | $1,8 \times 10^{-3}$                        | $2,4 \times 10^{-5}$                         |
| Поршневой насос                             | $3,7 \times 10^{-3}$                        | $5,2 \times 10^{-4}$                         |
| Центробежный компрессор                     | $2,0 \times 10^{-3}$                        | $2,0 \times 10^{-6}$                         |
| Поршневой компрессор                        | $2,7 \times 10^{-2}$                        | $1,1 \times 10^{-5}$                         |
| Теплообменник (оболочковый)                 | $1,4 \times 10^{-3}$                        | $1,3 \times 10^{-4}$                         |
| Теплообменник (труба в трубе)               | $1,0 \times 10^{-3}$                        | $4,9 \times 10^{-5}$                         |
| Теплообменник (пластинчатый)                | $6 \times 10^{-3}$                          | $3,6 \times 10^{-4}$                         |
| Теплообменник (с воздушным охлаждением)     | $1,2 \times 10^{-3}$                        | $6,9 \times 10^{-5}$                         |
| Фильтр                                      | $8,9 \times 10^{-4}$                        | $6,4 \times 10^{-6}$                         |

Таблица 5-3

**Частоты разгерметизации насосов**

| Тип насоса                              | Частота разгерметизации, год <sup>-1</sup> .  |  |
|---|---|--|
|   | 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 | $1 \times 10^{-4}$  | $5 \times 10^{-4}$   |
| Насосы в стальном корпусе               | $5 \times 10^{-5}$  | $2,5 \times 10^{-4}$   |
| Экранированные насосы                   | $1 \times 10^{-5}$  | $5 \times 10^{-5}$   |

Таблица 5-4

## 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 газы», 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 Ик, 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;

$\mu_j$  – 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  $\tau_i$  – время, в течение которого источник зажигания активен, мин;

$\tau_a$  – 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**

| <b>Тип источника зажигания</b>                          | <b>Потенциал воспламенения</b> |
|---|--------------------------------|
| 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 | $p_j = 0$                      |

$\lambda_j$  – частота активации  $j$ -го источника зажигания, 1/мин рассчитываемая как

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

$d_{in}$  – 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

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

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                        | $p_j$ | $\tau_a$ | $\tau_i$ | $a_j$  | $\lambda_j$ | $\mu_j$ |
|-----------------------|---|-------|----------|----------|--------|-------------|---------|
| 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                      | 0,1   | 10       | 20       | 0,333  | 0,0333      | 10      |

|              |                      |      |   |   |   |       |    |
|--------------|----------------------|------|---|---|---|-------|----|
|              | работы               |      |   |   |   |       |    |
| 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 газы», утвержденному  
приказом Федеральной службы по  
экологическому, технологическому и атомному  
надзору  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. № \_\_\_\_\_

**Расчет массы выбросов опасных веществ****Рекомендуемый порядок расчета истечения пожаровзрывоопасных газов из технологических трубопроводов**

Истечение газа при разрыве трубопровода на полное сечение описывается дифференциальными балансовыми соотношениями по массе, импульсу и энергии:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho g) &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho g) + \frac{\partial}{\partial x}(P + \rho g^2) &= -\lambda \frac{\rho g^2}{2d_0} \\ \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ \rho \left( e + \frac{g^2}{2} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \rho g \left( h + \frac{g^2}{2} \right) \right] &= \frac{4\alpha}{d_0} (T_0 - T) \end{aligned} \right\} \quad (7-1)$$

где  $\rho$  – плотность газа;

$\tau$  – время;

$g$  – усредненная по сечению скорость транспортируемого газа;

$P$  – давление;

$e$  – удельная внутренняя энергия;

$h$  – удельная энтальпия;

$d_0$  – внутренний диаметр трубы;

$\alpha$  – коэффициент теплообмена с окружающей средой;

$T$  – температура стенки трубы;

$T_0$  – температура окружающей среды.

Для инженерной оценки массового расхода газа при разрыве трубопровода может быть использовано уравнение Белла:

$$G(\tau) = \frac{\Gamma G_n}{1 + \eta} \left[ \exp\left(-\frac{\tau}{\eta^2 \cdot \varepsilon}\right) + \eta \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\varepsilon}\right) \right], \quad (7-2)$$

где  $G(\tau)$  и  $G_n$  – текущий и начальный массовый расход (в момент разрыва), кг/сек;

$\tau$  – время, прошедшее с момента разрыва, сек;

$\Gamma$  – фактор инерциальной задержки ( $\cong 0,5$ );

$\eta$  – коэффициент сохранения массы;

$\varepsilon$  – постоянная времени, сек.

Начальный массовый расход рассчитывается в предположении о том, что в месте разрыва характер процесса истечения адиабатический:

$$G_n = \frac{P_n A_p \sqrt{k}}{\sqrt{R \bar{Z}_{кр} T_n}} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}, \quad (7-3)$$

где  $P_n$  – давление газа в трубопроводе до разрыва, Па;

$A_p$  – площадь поперечного сечения разрыва, м<sup>2</sup>;

$R$  – удельная газовая постоянная (Дж/кг·К);

$T_n$  – температура газа в трубопроводе до разрыва, К;

$\bar{Z}_{кр}$  – коэффициент сжимаемости по условиям газа на срезе (выходе) при  $P_{кр}$ ,  $T_{кр}$ .

Коэффициент сохранения массы рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{M_{\Gamma}}{\varepsilon \cdot \Gamma \cdot G_n}, \quad (7-4)$$

где  $M_{\Gamma}$  – общая масса газа, способная вытечь из изолированной секции трубопровода (кг),  $\varepsilon$  – постоянная времени (сек).

Выражение для постоянной времени  $\varepsilon$  базируется на допущении об изотермическом характере процесса движения газа, имеющем место на большей части длины отсеченной секции трубопровода

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \frac{L_*}{a_o} \sqrt{\frac{k \cdot f_{тр} \cdot L_*}{d_o}}; \quad a_o = \sqrt{k R Z_n T_n}, \quad (7-5)$$

где  $L_*$  – длина отсеченного участка трубопровода, м;

$a_o$  – скорость звука в газе до разрыва, м/сек;

$f_{тр}$  – коэффициент трения газа о стенки трубы;

$d_o$  – внутренний диаметр трубопровода, м

Общая масса газа, которая может быть выброшена при разрыве, определяется из выражения:

$$M_r = \frac{L^* \cdot A^* \cdot d_0}{R \cdot Z_o \cdot T_o} \quad (7-6)$$

где  $Z_n$  – коэффициент сжимаемости газа до разрыва при параметрах  $P_n, T_n$ ;

$L^*$  – длина отсеченного участка трубопровода, м;

$A^*$  – площадь поперечного сечения трубопровода.

### **Рекомендуемый порядок расчета истечения сжиженных газов из технологических трубопроводов**

Для расчета интенсивности истечения сжиженных углеводородов (пропан-бутановых смесей) рекомендуется корреляция:

$$G = \frac{n_1 F \sqrt{2(P_* - P_a) \rho_\ell}}{\left(\frac{L}{d_0}\right)^{n_2}}, \quad (7-7)$$

где  $F$  – площадь сечения трубы в месте истечения (разрыва),  $m^2$ ;

$G$  – массовый расход, кг/с;

$\rho_l$  – плотность жидкости;

$L$  и  $d_0$  – длина и диаметр трубопровода, м.

Для случая истечения двухфазной жидкости под давлением насыщенных паров из отсеченного с одного конца участка трубопровода:  $P^*$  – давление насыщения при температуре окружающей среды,  $H/m^2$ ;  $n_1 = 0,4$ ;  $n_2 = 0,23$ .

Для случая истечения сжиженного газа через протяженный трубопровод из емкости под избыточным давлением:  $P^*$  – абсолютное давление в емкости,  $H/m^2$ ;  $n_1 = 2$ ;  $n_2 = 0,3$ .

**ПРИЛОЖЕНИЕ № 8**

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

**Пример расчета риска разрушения вдольтрассовой ЛЭП при аварии на  
трубопроводной эстакаде**

По трубопроводной эстакаде с технологическими трубопроводами подводятся или отводятся технологические среды (бутадиеи, водородсодержащий газ, топливный газ, изобутан, изопентан, метанол, МТБЭ, бутан, пиробензин, природный газ, пропилен, пропановая фракция, ШФЛУ марок А и Б, 20 % раствор натриевой щелочи, серная кислота, речная вода). Технологические трубопроводы на трубопроводной эстакаде имеют DN от 50 до 700 мм и давление от 0,2 до 6,4 МПа. Взаимные сближения трубопроводной эстакады с ВЛ 110 кВ, ВЛ 220 кВ, ВЛ 500 кВ составляют до 50 м.

На вышеуказанных трубопроводах рассматривался сценарий струйного выброса, при котором возможны три исхода в зависимости от наличия и времени появления источника зажигания:

- рассеяние выброса без последствий;
- мгновенное воспламенение истекающей струи с образованием горящего факела и/или пролива; для вскипающих веществ на стадии истечения из трубопровода возможно только факельное горение без образования пролива;
- отсроченное воспламенение истекающей струи с проскоком пламени по дрейфующему шлейфу с образованием волн сжатия/ударных волн и с возможным образованием горящего факела и/или пролива;

В качестве критерия повреждения (разрушения) ВЛ 500 кВ принималось воздействие тепловой радиации на ВЛ значением удельного теплового потока равным 35 кВт/м<sup>2</sup>.

Частота образования аварийных отверстий приведена в табл. 8-1. В табл. 8-2 приведены условные вероятности воспламенения.

Таблица 8-1

## Частоты утечек из технологических трубопроводов

| № | Диаметр трубопровода, мм | Частота утечек, м <sup>-1</sup> · год <sup>-1</sup>                                     |   |   |  |                                   |  |
|---|--------------------------|---|---|---|--|-----------------------------------|--|
|   |                          | малая<br>(D <sub>отв</sub> <sup>1</sup> =12,5,<br>S <sub>отв</sub> <sup>2</sup> =1,227) | средняя<br>(D <sub>отв</sub> =25,<br>S <sub>отв</sub> =4,9) | большая<br>(D <sub>отв</sub> =50<br>S <sub>отв</sub> =19,6) | большая<br>(D <sub>отв</sub> =100<br>S <sub>отв</sub> =78,5) | Разрыв                            |  |
|   |                          |   |   |   |  | Площадь отверстия, м <sup>2</sup> | Частота, м <sup>-1</sup> · год <sup>-1</sup> |
| 1 | 50                       | 5,7 · 10 <sup>-6</sup>  | 2,4 · 10 <sup>-6</sup>                                      | -   | -  |                                   | 1,4 · 10 <sup>-6</sup>                       |
| 2 | 100                      | 2,8 · 10 <sup>-6</sup>  | 1,2 · 10 <sup>-6</sup>                                      | 4,7 · 10 <sup>-7</sup>                                      | -  |                                   | 2,4 · 10 <sup>-7</sup>                       |
| 3 | 150                      | 1,9 · 10 <sup>-6</sup>  | 7,9 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 3,1 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 1,3 · 10 <sup>-7</sup>                                       | 1,77*10 <sup>-2</sup>             | 2,5 · 10 <sup>-8</sup>                       |
| 4 | 250                      | 1,1 · 10 <sup>-6</sup>  | 4,7 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 1,9 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 7,8 · 10 <sup>-8</sup>                                       | 4,91*10 <sup>-2</sup>             | 1,5 · 10 <sup>-8</sup>                       |
| 5 | 600                      | 4,7 · 10 <sup>-7</sup>  | 2,0 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 7,9 · 10 <sup>-8</sup>                                      | 3,4 · 10 <sup>-8</sup>                                       | 2,83*10 <sup>-1</sup>             | 6,4 · 10 <sup>-9</sup>                       |
| 6 | 900                      | 3,1 · 10 <sup>-7</sup>  | 1,3 · 10 <sup>-7</sup>                                      | 5,2 · 10 <sup>-8</sup>                                      | 2,2 · 10 <sup>-8</sup>                                       | 6,36*10 <sup>-1</sup>             | 4,2 · 10 <sup>-9</sup>                       |
| 7 | 1200                     | 2,4 · 10 <sup>-7</sup>  | 9,8 · 10 <sup>-8</sup>                                      | 3,9 · 10 <sup>-8</sup>                                      | 1,7 · 10 <sup>-8</sup>                                       | 1,13*10 <sup>-1</sup>             | 3,2 · 10 <sup>-9</sup>                       |

Таблица 8-2

## Условная вероятность мгновенного воспламенения и воспламенения с задержкой

| № | Массовый расход истечения, кг/с |                             | Условная вероятность мгновенного воспламенения |                  |       | Условная вероятность последующего воспламенения при отсутствии мгновенного воспламенения |                  |       | Условная вероятность сгорания с образованием избыточного давления при последующем воспламенении |                  |       |
|---|---------------------------------|-----------------------------|--|------------------|-------|--|------------------|-------|---|------------------|-------|
|   |                                 |                             |  |                  |       | газ  | двух-фазн. Смесь | жидк. | газ   | двух-фазн. смесь | жидк. |
|   | диапазон                        | номинальное средн. значение | Газ  | двух-фазн. Смесь | жидк. | газ  | двух-фазн. смесь | жидк. | Газ   | двух-фазн. смесь | жидк. |
| 1 | Малый (<1)                      | 0,5                         | 0,005  | 0,005            | 0,005 | 0,005  | 0,005            | 0,005 | 0,080   | 0,080            | 0,050 |
| 2 | Средний (1 - 50)                | 10                          | 0,035  | 0,035            | 0,015 | 0,036  | 0,036            | 0,015 | 0,240   | 0,240            | 0,050 |
| 3 | Большой (>50)                   | 100                         | 0,150  | 0,150            | 0,040 | 0,176  | 0,176            | 0,042 | 0,600   | 0,600            | 0,050 |
| 4 | Полный разрыв                   | Не определено               | 0,200  | 0,200            | 0,050 | 0,240  | 0,240            | 0,061 | 0,600   | 0,600            | 0,100 |

Примеры расчетов скорости истечения приведены в табл. 8-3.

Таблица 8-3

## Скорость истечения при аварийной разгерметизации

| №. | Среда     | Расход кг/с   |   |   |  |        |
|----|-----------|---|---|---|--|--------|
|    |           | малая<br>(D <sub>отв</sub> <sup>3</sup> =12,5,<br>S <sub>отв</sub> <sup>4</sup> =1,227) | средняя<br>(D <sub>отв</sub> =25,<br>S <sub>отв</sub> =4,9) | большая<br>(D <sub>отв</sub> =50<br>S <sub>отв</sub> =19,6) | большая<br>(D <sub>отв</sub> =100<br>S <sub>отв</sub> =78,5) | разрыв |
| 1. | Изобутан  | 3,43  | 13,7  | 54,7  | 219  | 2*3120 |
| 2. | Изопентан | 3,26  | 13  | 52,1  |  | 2*165  |
| 3. | Пропилен  | 4,42  | 17,7  | 70,9  | 283  | 2*2530 |
| 4. | Пропан    | 3,8   | 15,2  | 61  | 244  | 2*3460 |

<sup>1</sup> D<sub>отв</sub> - диаметр отверстия разгерметизации, мм

<sup>2</sup> S<sub>отв</sub> - площадь отверстия разгерметизации, см<sup>2</sup>

<sup>3</sup> D<sub>отв</sub> - диаметр отверстия разгерметизации, мм

<sup>4</sup> S<sub>отв</sub> - площадь отверстия разгерметизации, см<sup>2</sup>



### **Оценка частоты разрушения ВЛ 500 кВ:**

Суммарная (по всем трубам) частота возникновения поражающих факторов на один погонный метр эстакады составляет:

$2,461 \times 10^{-5}$  1/год/м – для малых отверстий (диаметр 12,5 мм);

$1,044 \times 10^{-5}$  1/год/м – для средних отверстий (диаметр 25 мм);

$2,94 \times 10^{-6}$  1/год/м – для больших отверстий (диаметр 50 мм);

$5,2 \times 10^{-7}$  1/год/м – для больших отверстий (диаметр 100 мм);

$2,73 \times 10^{-6}$  1/год/м – для полного разрыва.

Не каждая авария приведет к разрушению ВЛ 500 кВ. Так для малых отверстий разгерметизации (12,5 мм) большинство аварий на эстакаде никак не повлияют на ВЛ 500 кВ, поскольку горящие струи слишком малы. С другой стороны горящие струи, образующиеся при полном разрыве могут достигать и воздействовать на ВЛ 500 кВ и от удаленных участков эстакады.

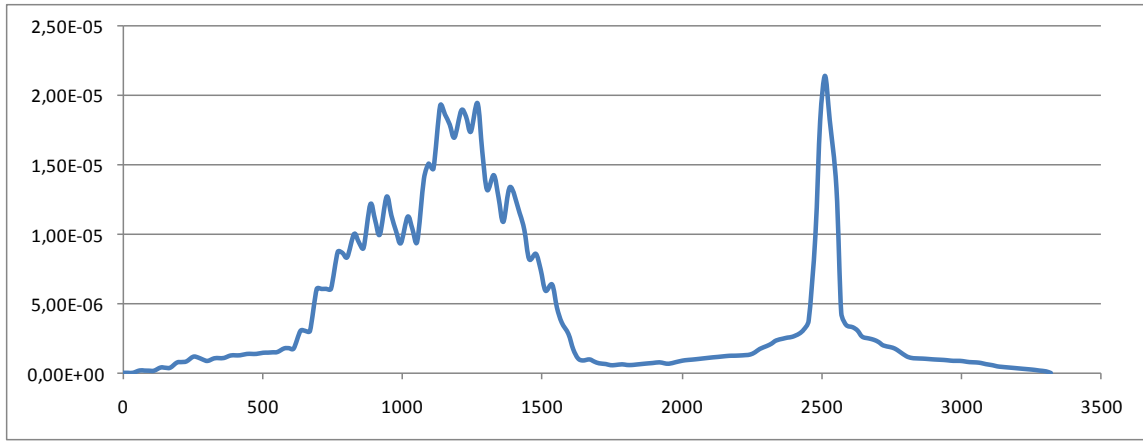
Основную долю среди аварий, которые могут повлечь разрушения ВЛ 500 кВ составляют большие трещины и разрывы трубопроводов на полное сечение.

На рисунке (Рис. 8-2) представлено поле потенциального риска разрушения ВЛ 500 кВ. Линия ВЛ 500 кВ на этом рисунке представлена синей штрихпунктирной линией. Как видно из этого рисунка линия ВЛ 500 кВ попадает в сферу действия поражающих факторов при выбросе ОВ с эстакады.

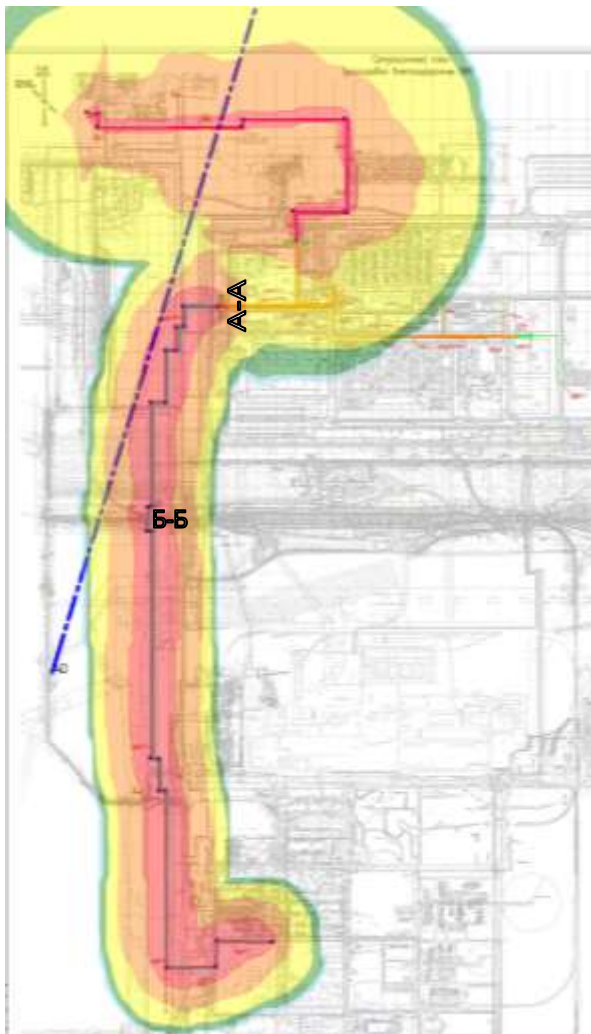
На рисунке (Рис. 8-1) показано распределение потенциального риска вдоль линии ВЛ 500 кВ от точки 0 вдоль синей штрихпунктирной линии на рис. 8-2. Из этого рисунка видно, что в зоне риска находится около 3-3,3 км. Т.е. для каждой точки на линии ВЛ 500 кВ в этом интервале существует вероятность разрушения. Эта вероятность возрастает в местах сближения и пересечения с эстакадами технологических трубопроводов, но т.к. пересечение не является отступлением, то рассматриваются в основном риски при сближении.

В среднем для участка ВЛ 500 кВ, попадающего в зону риска можно принять вероятность разрушения в любой точке на уровне  $4,43 \times 10^{-6}$  1/год. Максимальный риск разрушения около  $2 \times 10^{-5}$  1/год.

С учетом длины ВЛ 500 кВ попадающей в поле риска, примерно 2,4 км и долей тех аварий, что могут привести к разрушению ВЛ 500 кВ, суммарная частота разрушения ВЛ 500 кВ от аварий на трубопроводной эстакаде составляет около  $2,38 \times 10^{-2}$  1/год. Частота разрушения ВЛ 500 кВ от аварий на наиболее опасном участке трубопроводной эстакады составит около  $1,5 \times 10^{-2}$  1/год.



**Рис. 8-1.** Поле потенциального риска разрушения ВЛ 500 кВ вдоль ее трассы (см. рис. 8-2 с полем риска). Расстояние отсчитывается от точки А0. По горизонтальной оси откладывается расстояние в метрах, по вертикальной оси потенциальный риск в 1/год.



| № | уровень    | цвет      | интервал                |
|---|------------|-----------|-------------------------|
| 1 | 1.000 e-09 | голубой   | 1.000E-009 - 1.000E-008 |
| 2 | 1.000 e-08 | зеленый   | 1.000E-008 - 1.000E-007 |
| 3 | 1.000 e-07 | желтый    | 1.000E-007 - 1.000E-006 |
| 4 | 1.000 e-06 | оранжевый | 1.000E-006 - 1.000E-005 |
| 5 | 1.000 e-05 | красный   | 1.000E-005 - 4.798E-005 |

**Рис. 8-2.** Поле риска повреждения ВЛ 500 кВ