



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

П Р И К А З

28 ноября 2022 г.

№ 410

Москва

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

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

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

2. Признать утратившим силу приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 сентября 2015 г. № 365 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов».

Руководитель

А.В. Трембицкий

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «28» ноября 2022 г. № 410

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

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов» (далее – Руководство) разработано в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденных приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 533, зарегистрированным Минюстом России 25 декабря 2020 г., регистрационный № 61808, и федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта», утвержденных приказом Ростехнадзора от 15 июля 2013 г. № 306, зарегистрированным Минюстом России 20 августа 2013 г., регистрационный № 29581.

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

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

капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструкции, эксплуатации, консервации и ликвидации технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов.

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

5. В Руководстве используются термины, определения и сокращения, приведенные в приложениях № 1 и 2.

II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ГАЗОВ

6. Основные методические принципы и общие рекомендации к процедуре анализа опасностей и оценки риска аварий изложены в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденном приказом Ростехнадзора от 3 ноября 2022 г. № 387 (далее – Руководство по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»).

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

8. Исходные данные, сделанные допущения и предположения, результаты оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, 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. Общие рекомендации к оформлению результатов оценки риска аварии приведены в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

III. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

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

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

12. Для оценки опасности аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, могут быть использованы показатели, характеризующие возможное число пострадавших и погибших при авариях, ущерб от возможных аварий, а также показатели риска гибели людей и риска причинения материального и экологического ущерба в интегральных и удельных (на единицу длины технологического трубопровода) показателях. Полный перечень показателей опасности и риска аварии приведен в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Перечень рассчитываемых показателей риска аварии определяют соответствующими задачами оценки риска аварий на ОПО.

13. Интегральные показатели риска аварии рекомендуется представлять в виде значений, рассчитанных для каждого участка (составной

части) анализируемого технологического трубопровода, а также просуммированных для всех технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, или для всего ОПО.

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

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

16. Рассчитанные показатели риска аварий используют для ранжирования участков (составных частей) технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, по степени опасности и обоснования приоритетов в мероприятиях по обеспечению безопасного функционирования технологического трубопровода (риск-ориентированный подход).

IV. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ АВАРИЙ

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

18. На этапе «Идентификация опасностей аварий» рекомендуется: провести сбор и оценку достоверности исходной информации, необходимой для оценки риска аварий на технологических трубопроводах,

связанных с перемещением взрывопожароопасных газов. Исходная информация, необходимая для оценки степени риска аварии на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, приведена в приложении № 3 к Руководству;

произвести деление анализируемого технологического трубопровода на участки (составные части);

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

19. На технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, в качестве участков (составных частей) рекомендуется рассматривать выделенные по технологическому или административно-территориальному принципу участки технологических трубопроводов и сливноналивные эстакады, в том числе цистерны с ОВ (внутри промплощадок).

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

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

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

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

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

V. ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ

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

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

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

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

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

27. Оценка возможных последствий аварий проводится по результатам определения вероятных зон действия поражающих факторов

и причиненного ущерба от аварий (в первую очередь количества пострадавших и погибших).

28. Зоны действия поражающих факторов определяются на основе: оценки количества ОВ, участвующего в создании поражающих факторов аварий;

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

сравнения рассчитанных количественных параметров с критериями поражения (разрушения).

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

30. Массу аварийного выброса ОВ рекомендуется определять с учетом перетоков от соседних аппаратов (участков) в течение времени обнаружения выброса и перекрытия запорной арматуры (задвижек) с учетом массы стока вещества из отсеченного блока (трубопровода).

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

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

33. Для расчета размеров зон поражения людей и разрушения зданий, сооружений рекомендуется использовать критерии поражения, приведенные

в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

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

35. При оценке количества погибших 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 Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

37. Оценка материального ущерба от аварий производится на основе расчета вреда (экономического ущерба и вреда окружающей среде) от аварии, а также справки о размере причиненного вреда и оценке экономического ущерба и вреда окружающей среде от аварии.

38. При оценке опасности каскадного развития аварии («эффект домино») следует учитывать критерии устойчивости оборудования, зданий, сооружений, приведенные в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

39. При определении условной вероятности воспламенения аварийных выбросов взрывопожароопасных веществ рекомендуется

учитывать размещение источников зажигания по близлежащей территории (приложение № 7 к Руководству).

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 аварий осуществляется по алгоритмам, изложенным в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

VI. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ АВАРИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ГАЗОВ, И ИХ УЧАСТКОВ

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

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

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

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

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

Необходимость и полнота сравнительных оценок определяется задачами анализа риска.

43. Рекомендуемый порядок и основные способы установления степени опасности аварий на ОПО, ранжирования составных элементов ОПО по степени опасности и определения наиболее опасных составных элементов ОПО, сравнения рассчитанных значений риска аварий с соответствующим допустимым или фоновым уровнем, а также использования результатов анализа риска для обоснования безопасности ОПО представлены в Руководстве по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

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

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

VII. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА АВАРИЙ

46. Разработка рекомендаций по снижению риска аварий является заключительным этапом процедуры оценки риска аварии. Рекомендации должны быть основаны на результатах идентификации опасностей аварий, количественной оценке риска аварии и определении степени опасности

участков технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов.

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

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

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

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

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

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

51. В рамках риск-ориентированного подхода можно выделить две группы мер обеспечения безопасности: организационно-технические

мероприятия, направленные на уменьшение вероятности аварий, и меры, направленные на смягчение тяжести последствий аварий.

52. Меры по уменьшению вероятности возникновения аварии включают:

меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента (разгерметизации оборудования);

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

53. Меры по уменьшению тяжести последствий аварий включают:

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

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

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

54. Среди решений, направленных на предупреждение аварийных выбросов ОВ (уменьшение вероятности аварий) на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, следует отметить:

применение материалов повышенной прочности, повышение толщин стенок сосудов и трубопроводов;

использование защитных кожухов;

повышенную частоту диагностики, испытаний на прочность и герметичность;

повышение чувствительности и надежности систем контроля технологических процессов и блокировок.

55. 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, исключая эскалацию аварии;

повышение взрывозащищенности зданий и сооружений на территории ОПО;

установку датчиков загазованности;

информирование персонала об опасностях аварий.

Приложение № 1
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «26» ноября 2022 г. № 410

Список сокращений

ВВС – воздушная волна сжатия;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени;

ОВ – опасное вещество;

ОПО – опасный производственный объект;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ТВС – топливно-воздушная смесь.

Приложение № 2
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

Термины и определения

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в Федеральном законе от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», других федеральных

законах, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актах Президента Российской Федерации, нормативных правовых актах Правительства Российской Федерации, а также федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности (пункт 1 статьи 3 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

Приложение № 3
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

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

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

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

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

1) генеральный план расположения технологических трубопроводов, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов.

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

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

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

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

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

диаметр, протяженность технологических трубопроводов, высотный профиль трубопроводных эстакад;

характеристики и расположение трубопроводной арматуры;

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

протяженность железнодорожных путей и автодорог для перевозки взрывопожароопасных сжиженных газов.

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

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

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

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

Таблица № 2

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

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

7) основные характеристики ОВ. Для взрывопожароопасных 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 токсодозы);

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

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

тип и время перекрытия потока запорной арматурой;

возможность поступления взрывопожароопасных газов из смежного оборудования (резервуары, емкости);

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

размеры и вместимость защитных обвалований и отбортовок технологических площадок;

размеры защитных ограждений, приподнятости внутривысотных дорог;

состав и расположение средств первичного пожаротушения, системы пожаротушения;

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

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

Приложение № 4
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

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

На технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов, рекомендуется рассматривать следующие типовые сценарии аварий:

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

А. Разгерметизация технологического трубопровода на эстакаде

А.1. Пожар колонного типа в загроможденном пространстве

Пожар колонного типа рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

- 1) разрыв надземного технологического трубопровода при наличии вблизи места разрыва преграды (оборудования, сооружения, здания);
- 2) образование ВВС в момент разрыва;
- 3) разлет фрагментов трубы;
- 4) истечение струй газа из концов разорванного трубопровода и их взаимодействие с окружающими преградами, ограничивающими динамическое распространение струй газа;

5) воспламенение образовавшейся газовой смеси с возникновением в условиях загроможденного пространства пожара колонного типа;

6) несрабатывание или безуспешная отработка систем пожаротушения;

7) термическое воздействие пожара на технологическое оборудование, здания и сооружения площадочного объекта, а также на персонал, оказавшийся вне помещений;

8) 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;

9) разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на объекте и, возможно, имущества третьих лиц и компонентов природной среды за пределами ОПО, гибель или получение людьми (персоналом и, возможно, населением) ожогов различной степени тяжести, а также травм от действия ВВС, осколков.

А.2. Струевые пламена

Струевые пламена рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

1) разрыв надземного наружного технологического трубопровода;

2) образование ВВС в момент разрыва;

3) разлет фрагментов трубы;

4) истечение газа из концов разорванного технологического трубопровода в виде высокоскоростных струй;

5) воспламенение истекающего газа с образованием высокоскоростных струй пламени (факелов);

6) несрабатывание или безуспешная отработка систем пожаротушения;

7) свободная ориентация факелов в горизонтальной плоскости;

8) прямое и радиационное термическое воздействие пожара на технологическое оборудование, здания и сооружения площадочного объекта, а также на людей, оказавшихся вне помещений;

9) 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;

10) разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на ОПО и, возможно, имущества третьих лиц и компонентов природной среды за пределами ОПО, 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 технологического трубопровода (газопровода) приведено на рисунке 1 приложения № 4 к Руководству.

На рисунке 1 приложения № 4 к Руководству (также 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 быть учтено при расчете условных вероятностей конечных событий, что достигается путем умножения соответствующей условной вероятности на условную вероятность успешности тушения пожара. Процедура выполняется для каждой ветви «дерева событий», на которой предпринимают соответствующее действие.

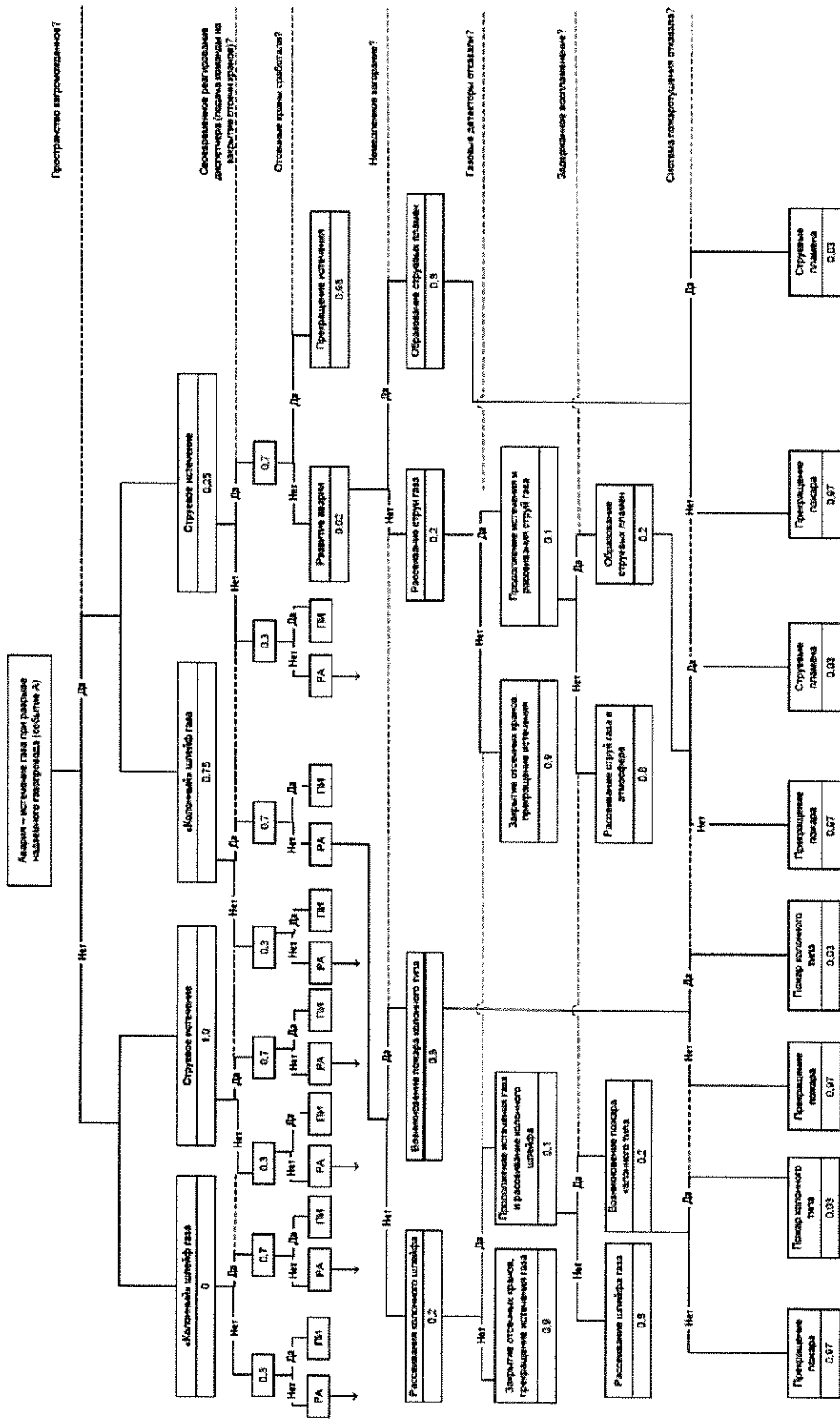


Рис. 1. «Дерево событий» при разгерметизации надземного газопровода

Примечание. 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.

Б. Сход (разрушение) цистерны (группы цистерн) со сжиженным взрывопожароопасным газом

Данный сценарий рекомендуется рассматривать в виде ряда последовательных стадий:

- 1) частичное или полное разрушение цистерны (емкости под давлением), группы цистерн (в случае их схода) со сжиженным газом;
- 2) поступление сжиженного газа в окружающую среду;
- 3) образование и распространение пролива сжиженного газа и его частичное испарение;
- 4) образование взрывоопасной концентрации паров ОВ в воздухе;
- 5) воспламенение паров ОВ и (или) пролива ОВ при наличии источника зажигания;
- 6) сгорание ТВС;
- 7) пожар разлива;
- 8) 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;
- 9) последующее развитие (эскалация) аварии в случае, если затронутое оборудование содержит ОВ, в том числе взрывы соседних цистерн с образованием огненного шара.

«Дерево событий» при разрушении емкости под давлением для сценария «Сход (разрушение) цистерны (группы цистерн)» приведено в Руководстве по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности», утвержденном приказом Ростехнадзора от 28 ноября 2022 г. № 414.

В случае если авария приводит к дополнительному выбросу сжиженных взрывопожароопасных газов и (или) появлению новых очагов горения, в том

числе на соседних цистернах, то соответствующая конечная ветвь в «дереве событий» будет служить отправной точкой нового «дерева событий» данной аварийной ситуации. Этот эффект учитывается на последних этапах развития аварии (после этапов «мгновенное воспламенение», «отложенное воспламенение») – «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 технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

Рекомендуемый порядок расчета истечения взрывопожароопасных газов из технологических трубопроводов

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

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v) &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial x}(P + \rho v^2) &= -\lambda \frac{\rho v^2}{2d_0} \\ \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\rho \left(e + \frac{v^2}{2} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\rho v \left(h + \frac{v^2}{2} \right) \right] &= \frac{4\alpha}{d_0} (T_0 - T) \end{aligned} \right\}, \quad (5-1)$$

где: ρ – плотность газа; τ – время; v – усредненная по сечению скорость транспортируемого газа; P – давление; e – удельная внутренняя энергия; h – удельная энтальпия; α – коэффициент теплообмена с окружающей средой; d_0 – внутренний диаметр трубы; T_0 – температура окружающей среды; T – температура стенки трубы.

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

$$G(\tau) = \frac{\Gamma G_n}{1+\eta} \cdot \left[\exp\left(-\frac{\tau}{\eta^2 \cdot \varepsilon}\right) + \eta \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\varepsilon}\right) \right], \quad (5-2)$$

где: $G(\tau)$ и G_n – текущий и начальный массовый расход (в момент разрыва), кг/сек; τ – время, прошедшее с момента разрыва, с; Γ – фактор инерциальной задержки ($\cong 0,5$); η – коэффициент сохранения массы; ε – постоянная времени, с.

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

$$G_H = \frac{P_H A_p \sqrt{k}}{\sqrt{R Z_{кр} T_H}} \left(\frac{2}{k-1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}, \quad (5-3)$$

где: P_H – давление газа в трубопроводе до разрыва, Па; A_p – площадь поперечного сечения разрыва, м²; R – удельная газовая постоянная (Дж/кг·К); $Z_{кр}$ – коэффициент сжимаемости по условиям газа на срезе (выходе) при $P_{кр}$, $T_{кр}$; T_H – температура газа в трубопроводе до разрыва, К.

Коэффициент сохранения массы рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{M_r}{\varepsilon \cdot \Gamma \cdot G_H}, \quad (5-4)$$

где: M_r – общая масса газа, способная вытечь из изолированной секции трубопровода, кг; ε – постоянная времени, с.

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

$$\varepsilon = \frac{2 L_*}{3 a_0} \sqrt{\frac{k \cdot f_{тр} \cdot L_*}{d_0}}; a_0 = \sqrt{k R Z_H T_H}, \quad (5-5)$$

где: L_* – длина отсеченного участка трубопровода, м; a_0 – скорость звука в газе до разрыва, м/с; $f_{тр}$ – коэффициент трения газа о стенки трубы (шероховатость); d_0 – внутренний диаметр трубопровода, м.

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

$$M_r = \frac{L_* \cdot A_* \cdot d_0}{R \cdot Z_H \cdot T_H}, \quad (5-6)$$

где: L_* – длина отсеченного участка трубопровода, м; A_* – площадь поперечного сечения трубопровода; Z_H – коэффициент сжимаемости газа до разрыва при параметрах P_H , T_H .

Рекомендуемый порядок расчета истечения сжиженных газов из технологических трубопроводов

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

$$G = \frac{n_1 F \sqrt{2(P_* - P_a) \rho_l}}{\left(\frac{L}{d_0}\right)^{n_2}}, \quad (5-7)$$

где: F – площадь сечения трубы в месте истечения (разрыва), м^2 ; G – массовый расход, кг/с ; ρ_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, Н/м^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, Н/м^2 ; $n_1 = 2$; $n_2 = 0,3$.

Приложение № 6
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

Методические документы для оценки возможных последствий аварий

Таблица № 1

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

Приложение № 7
к Руководству по безопасности
«Методика оценки риска аварий
на технологических трубопроводах,
связанных с перемещением
взрывопожароопасных газов»,
утвержденному приказом Ростехнадзора
от «28» ноября 2022 г. № 410

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

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

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

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

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

где: i – номер элементарной площадки в расчетной области; $j = 1, \dots, J$ – номер источника воспламенения на элементарной площадке; F_{ih} – площадь i -й элементарной площадки, га; μ_j – плотность распределения источников зажигания, шт/га; a_j – доля времени активности j -го источника зажигания, рассчитываемая по формуле:

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

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

Потенциал воспламенения ряда типичных источников зажигания

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

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

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

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

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

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

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

Параметры различных типовых источников зажигания периодического действия

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