Tom 13, 2016, № 1 Vol. 13, 2016, No. 1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Цена статистической жизни

Volume Headline:

The value of a statistical life



Том 13, 2016, № 1 Vol. 13, 2016, No.1 ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis







ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом «Леловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель),

кандидат политических наук, заместитель председателя Совета Федерации

Федерального собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя),

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,

начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт

по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ),

заместитель председателя Экспертного совета МЧС России

Солодухина Лариса Владимировна,

управляющий Акционерным обществом «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович.

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований

гражданской защиты МЧС России».

. президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (Главный редактор),

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,

вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора),

член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа

и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Аверченко Владимир Александрович,

кандидат экономических наук, профессор кафедры «Финансовая стратегия» Московской школы экономики

МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета директоров Инвестиционной Группы «Бизнес Центр»

Башкин Владимир Николаевич,

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Елохин Андрей Николаевич.

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович,

доктор физико-математических наук, профессор, ректор Института проблем риска

Кременюк Виктор Александрович,

доктор исторических наук, профессор, заместитель директора Института США и Канады РАН

член-корреспондент РАН, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска

Махутов Николай Андреевич,

и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович,

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических

и статистических наук, Университет провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Ревич Борис Александрович,

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды

и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Сенчагов Вячеслав Константинович,

доктор экономических наук, профессор, вице-президент РАЕН,

директор Центра финансовых и банковских исследований Института экономики РАН

Соложенцев Евгений Дмитриевич,

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Сорогин Алексей Анатольевич.

кандидат технических наук, директор по специальным проектам

Акционерного общества «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич,

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор,

первый заместитель директора Института экономики РАН

Сосунов Игорь Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Табаков Валерий Алексеевич,

кандидат экономических наук, Ph.D и DBA в области делового администрирования, член Совета директоров, председатель правления Инвестиционной Группы «Бизнес Центр», Президент Группы компаний ИКТ

Содержание

Интервью номера

4 Стоимость статистической жизни и цена риска Интервью с главным редактором журнала А. А. Быковым

Цена риска

12 Стоимостная оценка социального ущерба, вызванного аварией, и безопасность сооружений И. Н. Иващенко, НИИ энергетических сооружений, г. Москва К. И. Иващенко, НТЦ «Гидротехбезопасность», г. Москва

Риски чрезвычайных ситуаций

- 24 Анализ действующей методики оценки эффективности государственной программы «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» и предложения по ее корректировке В. В. Артиохин, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 32 Применение современных технологий при реагировании на чрезвычайные ситуации Д. В. Кулешов, Центральный региональный центр МЧС России, г. Москва
- 36 О роли сервисов социальных сетей для поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях К. Р. Еникеева, А. Х. Абдуллин, О. И. Христодуло, Уфимский государственный авиационный технический университет
 - Ю. И. Исаева (Юсупова), Уфимский государственный нефтяной технический университет

Моделирование риска

- **46** Результаты системно-динамического моделирования процесса информирования населения при химической аварии
 - Р. А. Дурнев, А. С. Котосонова, Р. Л. Галиуллина, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 52 Снижение пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей В.М. Колодкин, Б.В. Чирков, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск
- 60 Применение логических деревьев событий при обосновании безопасности опасных производственных объектов
 - Р.Е. Васьков, ЗАО «Центр аварийно-спасательных формирований», г. Новомосковск Н. М. Кочетов, Новомосковский институт повышения квалификации
- 70 Интегральная оценка бюджетных рисков В. В. Гамукин, Тюменский государственный университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет
- 82 Выбор оптимальной стратегии уменьшения риска аварий и инцидентов на опасных производственных объектах с помощью нечеткого многокритериального анализа С.В. Глухов, А.В. Глухов, ООО «ВолгоУралНИПИгаз», г. Оренбург

Чтобы помнили

- 86 Применение геодинамических и геоинформационных технологий мониторинга для оценки опасностей и рисков
 - Г. М. Нигметов, К. В. Корнеев, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 92 Аннотации статей на английском языке
- 94 Инструкция для авторов

УДК 614.8

Применение логических деревьев событий при обосновании безопасности опасных производственных объектов

ISSN 1812-5220 © Проблемы анализа риска, 2016

Р. Е. Васьков,

ЗАО «Центр аварийноспасательных формирований», г. Новомосковск

Н. М. Кочетов.

Новомосковский институт повышения квалификации

Аннотация

Рассмотрена актуальность разработки научно обоснованного подхода построения дерева событий для количественной оценки риска аварий на опасном производственном объекте. Проанализированы современные логические деревья событий действующих нормативных документов. Выявлены недостатки, даны рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: анализ риска аварий, дерево событий, безопасность объекта, поражающие факторы.

Содержание

Введение

1. Сравнительный анализ логических деревьев событий

Заключение

Литература

Введение

В связи с принятием Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» в редакции от 04.03.2013 г. [1], а также новых Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [2] требуется проведение обоснования безопасности производственных объектов. В целях реализации требований этих нормативных документов разработаны и утверждены «Общие требования к обоснованию безопасности производственных объектов» [3].

В свете принятых законов, норм и правил представляет особый интерес построение и анализ логических деревьев событий аварий на опасных производственных объектах.

Дерево событий позволяет проанализировать воздействие инициирующих событий, выявить возможные сценарии развития аварии и определить последствие каждого сценария. Логические деревья событий в наглядном виде позволяют представить события и взаимосвязь между ними.

Обоснование безопасности опасных производственных объектов является не только обязательным [1, 2], но и одним из важнейших разделов декларации промышленной безопасности [5], плана локализации и ликвидации аварий [6], проектной документации на строительство и реконструкцию опасных произ-

водственных объектов, документации на техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта [1], а также при определении тарифов страхования ответственности владельца за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте [7].

В настоящее время методики оценки риска аварий на опасных производственных объектах представлены в нормативных документах [4, 8, 9] и государственном стандарте [12], которые базируются на построении и анализе дерева событий.

В данной работе приводится критический анализ логических схем деревьев событий, используемых в указанных документах, рекомендованных для оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

1. Сравнительный анализ логических деревьев событий

Под деревом событий при проведении анализа риска аварий будем понимать алгоритм построения последовательности отдельных логически связанных причинно-следственных событий развития аварий, обусловленных конкретным инициирующим (ис-

ходным) событием, приводящим к определенным факторам опасности аварии с учетом систем противоваварийных средств защиты [4].

Ниже приводится анализ деревьев событий, используемых в нормативных документах [4, 8, 9] и государственном стандарте [12] для оценки риска аварий на опасных производственных объектах.

1.1. Анализ логического дерева событий в Методических указаниях по проведению анализа риска опасных производственных объектов [8]

Основополагающий документ в сфере анализа риска опасных производственных объектов [8], разработанный в развитие Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ [1], носит нормативно-технический характер. Документ введен в действие в 2001 г. и был инновационным для своего времени.

Для определения вероятности реализации аварий на опасном производственном объекте рекомендуется использовать дерево событий. Пример



Рис. 1. Дерево событий аварий на установке первичной переработки нефти [8]

такого дерева событий для количественного анализа различных сценариев на установке первичной переработки нефти представлен на рис. 1.

Анализ показывает, что представленное на рис. 1 дерево событий не лишено недостатков. Так, если в результате «мгновенного воспламенения» возникает «факельное горение струи», то это указывает на разгерметизацию резервуара с нефтью. В то же время происходит образование «огненного шара», которое возможно только при объемном выбросе паров опасного вещества, т. е. в случае полного разрушения резервуара.

В данном случае способ сгорания выброса нефти зависит от степени разрушения резервуара, а не от присутствия источников воспламенения. Естественно, ни мгновенное, ни отсроченное воспламенение не влияют на тип выброса и соответственно на процессы сгорания нефти. Здесь нарушена последовательность событий. Сначала происходит мгновенный или продолжительный выброс нефти в зависимости от степени разрушения резервуара, и только затем проявляет свое воздействие источник воспламенения.

Важно помнить, что отсроченное воспламенение способствует образованию пролива жидкости с последующим испарением опасного вещества из пролива и образованием облака топливно-воздушной смеси (ТВС). Поэтому в случае разгерметизации резервуара результирующими событиями «воспламенения нефти» будут «факельное горение струи», «пожар пролива» и «горение или взрыв облака ТВС». Тогда как при полном разрушении резервуара создаются условия для образования пролива, облака ТВС и их сторания с появлением источника зажигания.

Возможность образования «огненного шара» вызывает сомнение, как и следующие за ним результирующие события. Образование «огненного шара» возможно в случае полного разрушения резервуара с перегретой жидкостью или сжиженным газом [14].

В случае отсутствия мгновенного или отсроченного воспламенения после события «нет воспламенения» авария вне зависимости от степени разрушения резервуара будет иметь место только одно развитие аварии — растекание нефти на территории объекта. Здесь также следует отметить,

что ситуация «отсутствие источника» зажигания инициирует событие «нет воспламенения», а не наоборот. «Пожар пролива» и «растекание нефти» — не конечные события аварии.

Последующие события не всегда указывают на результат воздействия предыдущего. Так, «факельное горение струи» при мгновенном воспламенении может привести как к «разрушению соседнего оборудования», так и к наименее опасному событию — «сгоранию нефти без воздействия на соседнее оборудование», т. е. к двум противоположным логически связанным событиям. Однако результирующие события «прекращение горения или ликвидация аварии» и «разрушение соседнего оборудования» явно не отвечают такому требованию.

Из вышеуказанных замечаний следует, что дерево событий на установке первичной переработки нефти не учитывает степень и характер разрушения резервуара, термодинамическое состояние опасного вещества, при этом отсутствует алгоритм логической последовательности событий протекающей аварии. Указанные недостатки снижают методическую ценность и направленность документа и требуют корректировки.

Для этого необходимо прежде всего проанализировать выброс нефти при полном разрушении резервуара и в случае его разгерметизации выше или ниже уровня жидкости, затем проанализировать вероятность мгновенного и отсроченного воспламенения и в заключение — оценить возможность реализации эффекта домино.

Основными поражающими факторами аварии на опасном производственном объекте, которые могут вызвать эффект домино, являются ударная волна, тепловое излучение, открытое пламя, осколки разрушенного оборудования, обрушение зданий и сооружений.

1.2. Анализ логического дерева событий в государственном стандарте [12]

Простое дерево событий для пожара в помещении, вызванного взрывом пыли, представлено в нормативном документе [12], который соответствует международным стандартам МЭК 60300-3-9: 1995. Здесь дерево событий (рис. 2) учитывает срабатывание или отказ автоматизированных средств пожаротушения и пожарной сигнализации.

Инициирующее событие	Начало пожара	Срабатывание спринклера	Включение автома- тического пожарного сигнала	Результирующее событие	Частота (в год)
			Да	Контролируемый пожар с сигналом тревоги	7,9 · 10 ⁻³
		Да	0,999		
		0,99	Нет	Контролируемый пожар без сигнала тревоги	7,9 · 1 0 ⁻⁶
	Да		0,001	1 1 1 1	
	0,8		Да	Контролируемый пожар с сигналом тревоги	8,0 · 10 ⁻⁵
		Нет	0,99		
Взрыв			Нет	Контролируемый пожар без сигнала тревоги	8,0 · 10 ⁻⁸
10 ⁻² в год			0,001		
	Нет			Нет пожара	2,0 · 10 ⁻³
	0,2				

Рис. 2. Дерево событий аварий для пожара в помещении, вызванного взрывом пыли [12]

На наш взгляд, рекомендуемый пример дерева событий для пожара найдет применение только при отсутствии в помещении производственного персонала, т. к. не учитывает возможность воздействия таких опасных факторов пожара, как потеря видимости, повышение температуры и концентрации токсичных продуктов сгорания в помещении, необходимых при оценке индивидуального и социального рисков для персонала объекта. Данное дерево событий носит абстрактный характер, поскольку не привязано к категории по взрывопожарной и пожарной опасности объекта. Отсутствуют события, протекающие при пожаре, не указан вид пожара (тлеющий пожар, пламенное горение, пожар, сопровождающийся объемным воспламенением). Вид пожара и свойства опасного вещества, от которых зависит скорость тепловыделения, температура в помещении и скорость образования токсичных компонентов дыма, определяют средства пожаротушения.

Необходимость оснащения средствами пожаротушения и дымоудаления определяется согласно нормативным требованиям [15].

1.3. Анализ логических деревьев событий в Руководстве по безопасности [4]

В области анализа опасностей на магистральных трубопроводах внедрен в 2011 г. актуализированный руководящий документ «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах или нефтепродуктопроводах» [9]. В настоящий момент, согласно [10], это руководство демонстрирует пример лучшей международной и отечественной практики анализа риска.

Данный руководящий документ учитывает практический опыт декларирования промышленной безопасности, а также анализа опасностей и оценки риска аварий. Методическое руководство прошло экспертизу промышленной безопасности на соответствие действующим нормативным правовым актам Российской Федерации [10].

Здесь представлены деревья событий по характерным группам сценариев, которые затем были использованы в нормативном документе [4]. Некоторые результаты анализа одного из деревьев событий [10] были рассмотрены и представлены ранее в работе [11].

Нормативный документ [4] разработан в целях реализации Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности и общих требований к обоснованию безопасности опасного производственного объекта [3].

Приложение № 4 руководства [4] практически полностью посвящено деревьям событий аварий на нефтехранилищах. Пример дерева событий для сценариев A_1 аварий с частичным или полным разрушением наземного резервуара представлен на рис. 3.

Прежде всего следует отметить нарушение последовательности событий развития аварий. Образование облака ТВС (е), а затем проявление отсроченного воспламенения (g) происходит в период растекания нефти по территории объекта и не создает условий для образования капельной взвеси. Образование капельной взвеси (f) возможно только при высоте истечения более 5 м в случае разгерметизации резервуара (1-а) [4]. Следовательно, событие (f) происходит перед возможным мгновенным зажиганием до образования облака ТВС при испарении из пролива. Здесь нарушена логическая последовательность причинно-следственных событий, т. е. не соблюдается главный принцип построения дерева событий.

Интересная ситуация возникает относительно события (1-с) — нефти нет в обваловании. При этом авторы утверждают, что данное событие имеет место при залповом выбросе в случае перехлеста опасного вещества через обвалование или его разрушения/размыва.

Однако, согласно [17, рис. п. 3.3], в случае перехлеста опасного вещества через обвалование, выдержавшего гидродинамический напор при квазимгновенном разрушении резервуара, всегда часть опасного вещества будет задерживаться в обваловании.

При длительном выбросе образующаяся при истечении из резервуара приподнятая струя даже при максимальном взливе будет в конечном итоге попадать внутрь обвалования в результате постепенного падения скорости истечения и соответственно дальности вылета струи по мере снижения уровня жидкости в резервуаре.

Здесь, как и при перехлесте, опасное вещество будет находиться как в обваловании, так и за его

пределами, растекаясь по территории объекта. Только в случае разрушения/размыва обвалования содержимое резервуара может оказаться за его пределами.

Разрушение обвалования и перехлест — отдельные независимые события, имеющие различные конечные результаты и требующие раздельного рассмотрения при разработке дерева событий.

На наш взгляд, событие «образование облака ТВС при испарении (e/1-e)» введено необоснованно, т. к. здесь нет условий для этого. Полное разрушение, разгерметизация, разрушение соседних резервуаров, мгновенное зажигание, отсроченное воспламенение — это вероятностные события. Тогда как возможность образования облака ТВС при проливе зависит от давления насыщенных паров опасного вещества, находящегося на объекте, т. е. это реальное событие. Кроме того, ветви (d) не учитывают выброс газовой фазы из резервуара при его разрушении или разгерметизации, пожаро- и взрывоопасность которой зависит от давления насыщенных паров опасного вещества. При этом отсутствие в результирующем событии (d) «пожара-вспышки выброса ТВС» в случае мгновенного зажигания говорит о том, что на объекте находится опасное вещество с давлением насыщенных паров менее 10 кПа. Для данного дерева событий состояние насыщения газового пространства в резервуаре не достигает нижнего предела распространения пламени, что и указывает при этом на отсутствие «пожара-вспышки облака ТВС» в результирующем событии. Следовательно, ветви (е) будут отсутствовать.

Согласно [4], образование облака ТВС будет иметь место для опасных веществ с давлением насыщенных паров $P_{\rm H}$ не менее 10 кПа, в остальных случаях условная вероятность события (1-е) равна нулю.

И, естественно, для конкретного опасного вещества с учетом величины $P_{\rm H}$ реализуется соответствующая ветвь: событие (e) при $P_{\rm H} \ge 10$ кПа и (1-e) при $P_{\rm H}$ менее 10 кПа. Это замечание касается деревьев событий для сценариев A_7 , A_8 , A_9 .

Характеристика пожаро- и взрывоопасности вещества является исходным материалом соответствующих деревьев событий сценариев развития аварии на опасном производственном объекте.

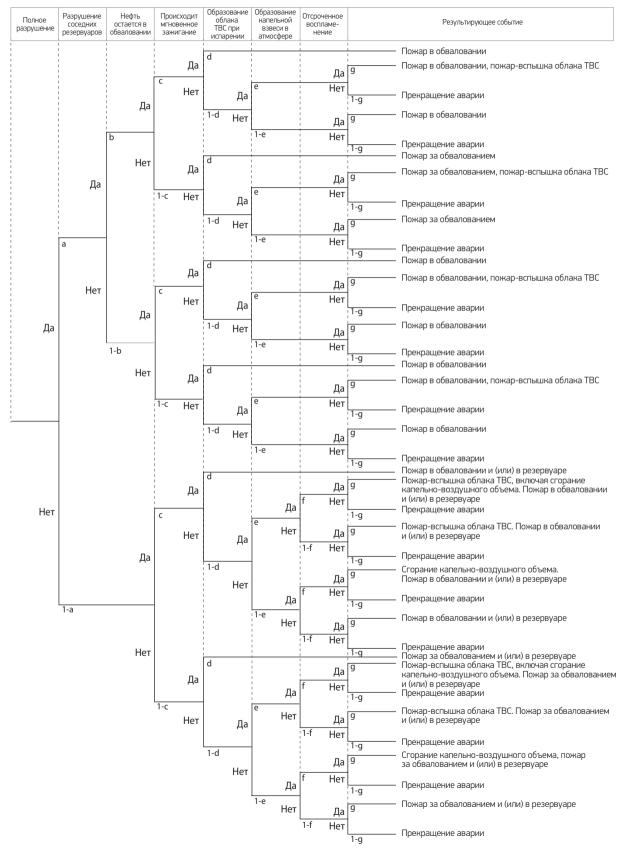


Рис. 3. Дерево событий разрушения/перелива наземного резервуара (сценарий A_1) [4]

Как правило, задержки воспламенения всегда способствуют возможности испарения из пролива с образованием взрывоопасного облака. При этом длительность испарения влияет на энергетический запас облака ТВС.

В случае возможности пожара в резервуаре, обваловании и горения растекающейся нефти ущерб возрастает. Пожар в обваловании может сопровождаться так называемым эффектом домино вследствие охватывания пламенем резервуаров в обваловании и потери конструктивной устойчивости. Без соответствующего плана пожаротушения уже не обойтись.

Степень разрушения резервуара а/(1-а) или b/(1-b) не инициирует (не определяет) места размещения нефти быть в обваловании (с) или за ее пределами (1-с). Реализация этих состояний зависит от вероятности разрушения обвалования. Здесь вновь нарушена логическая причинно-следственная связь событий.

Полное или частичное разрушение технических устройств влияет на режим истечения, а затем и на режим сгорания топлива, результатом которого мо-

жет быть ударная волна или пожар, что также требует тщательного анализа.

Рассмотрим дерево событий при взрыве внутри наземного резервуара для сценария A_3 [4], представленного на рис. 4. Вероятность образования осколков в результате взрыва внутри наземного резервуара не оказывает влияния на развитие аварии, что подтверждает дублирование ветвей (a) и (1-a).

Ветвь (1-b) («нефть находится за пределами резервуара») не учитывает возможность возгорания ее, как это сделано, когда нефть остается в резервуаре (ветвь (b)).

Кроме того, в случае взрыва внутри резервуара образование осколков и возгорание нефти происходит одновременно. Следовательно, эти процессы нельзя рассматривать как отдельные разделенные во времени стадии аварии. Взрыв внутри резервуара представляет собой детонационное сгорание ТВС и, естественно, вызывает возгорание содержимого вне зависимости от вероятности образования осколков.

Образование осколков, способных нанести материальный ущерб и вызвать поражение людей,

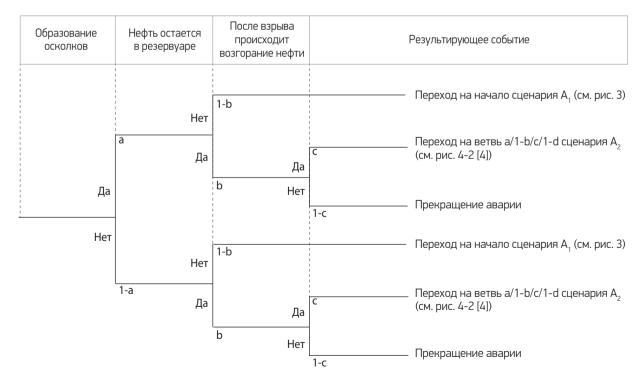


Рис. 4. Дерево событий при взрыве внутри наземного резервуара (сценарий $A_{\mathfrak{z}}$) [4]

происходит при взрывном разрушении оболочек резервуаров, предназначенных для газообразных энергоносителей. В нашем случае имеем дело с нефтью. Чтобы резервуар не разрушился в результате внутреннего взрыва, в последнем предусматривается слабый шов между верхней кромкой стенки и крышей, который должен разрушиться первым и дать выход продуктам сгорания в атмосферу. При этом нефть продолжает гореть в резервуаре.

В случае несрабатывания такой защиты степень разрушения от разгерметизации до полного разрушения зависит от мощности взрыва ТВС с возможным последующим аварийным растеканием горящей нефти.

Следовательно, отсутствие образования осколков при взрыве внутри резервуара и обязательное возгорание нефти приводят к существенному упрощению и сокращению структурной схемы дерева событий. Указанные недостатки характерны и для дерева событий сценария A_6 (рис. 4—6 [4]).

Опасными поражающими факторами аварии будут воздушная ударная волна и пожар в резервуаре и/или за его пределами в зависимости от степени разрушения резервуара.

Деревья событий сценариев A_2 и A_5 выполнены без учета влияния на развитие аварии возможного отсроченного воспламенения, и прежде всего для ветвей (1-а) и (b). То же замечание относится и к дереву событий сценария A_7 (см. ветвь а/(1-b)/(1- c)).

Деревья событий, как правило, построены с нарушением последовательности отдельных логически связанных причинно-следственных событий развития аварий. Кроме того, при рассмотрении деревьев событий не учитывается влияние срабатывания или отказа систем оповещения и пожаротушения, как того рекомендует [12] и требует [4].

Заключение

Проведенный анализ позволяет уточнить события и их последовательность. Дерево событий для аварий на взрывопожароопасных объектах представляет построение и анализ последовательных логически связанных событий протекающей аварии: инициирующее событие аварии, приводящее к разгерметизации или разрушению технических устройств с возможным образованием капельной взвеси, тип выброса с учетом влияния результата

на режим сгорания, мгновенное или отсроченное зажигание, приводящее к возможному возгоранию выброса (пожар-вспышка, горящий факел, огненный шар, детонационное или дефлаграционное сгорание облака, пожар пролива), и конечные результирующие события.

К литературным источникам о режимах сгорания опасных веществ следует относится осторожно. Так, данные об условных вероятностях различных сценариев развития аварии с выбросом сжиженных углеводородных газов (СУГ), представленных в таблице [16], использовать нельзя, поскольку они получены путем статистической обработки данных об авариях на различного типа объектах и различных условиях хранения СУГ. Результаты указывают только на долю этих сценариев за достаточно большой период времени [13].

При этом представленные данные не учитывают степень разрушения оборудования. Полное разрушение оборудования создает объемный выброс находящегося в нем СУГ, часть которого вскипает с образованием «огненного шара». Оставшаяся часть жидкой фазы образует пролив. Мгновенное зажигание приводит к воспламенению «огненного шара» и паров СУГ из пролива.

Разгерметизация оборудования создает условия струйного истечения СУГ. В случае мгновенного зажигания происходит факельное горение парожидкостной фазы СУГ в виде струи. Вероятность появления источника зажигания с учетом вероятности уровня разрушения оборудования определяют вероятность реализации горения факела, паров СУГ из пролива и «огненного шара».

Статистические вероятности различных Таблица сценариев развития аварии с выбросом СУГ

Сценарий аварии	Вероятность
Факел	0,0574
Огненный шар	0,7039
Горение пролива	0,0287
Сгорание облака	0,1689
Сгорание с развитием избыточного давления	0,0119
Без горения	0,0292
Итого	1

При построении дерева событий следует опираться прежде всего на взрывопожароопасные свойства вещества, его агрегатное и термодинамическое состояние, объемы выброса, вид окружающего пространства, которые в итоге и определяют поражающие факторы аварии. Газ, жидкость, перегретая жидкость, сжиженный газ требуют, соответственно, своих деревьев событий.

Горючий нетоксичный газ

Полное или частичное разрушение технических устройств определяет тип выброса опасного вещества (мгновенный или продолжительный) и соответствующие ветви (последовательность) развития аварии.

Полное разрушение технических устройств приводит к объемному выбросу содержимого и образованию пожаро- и взрывоопасного облака. Тогда как разгерметизация создает условия струйного истечения вещества.

Появление источника зажигания влечет возгорание выброса опасного вещества. При этом объемный выброс может сопровождаться детонационным или дефлаграционным режимом сгорания облака ТВС в зависимости от чувствительности вещества к взрыву и степени загроможденности окружающего пространства. Поражающим фактором аварии может быть воздушная ударная волна в результате детонации облака ТВС или тепловое излучение в случае дефлаграционного сгорания опасного вещества, которые выявляются на стадии оценки результирующего события.

При струйном истечении газа и мгновенном воспламенении результирующим событием будет «огненный факел». Отсроченное воспламенение при продолжительном струйном истечении приводит к образованию облака ТВС, как и в случае полного разрушения технических устройств. Воспламенение облака ТВС аналогично может привести к детонационному или дефлаграционному режимам сгорания и тем же поражающим факторам аварии.

Легкие газы: водород, аммиак, метан образуют взрывоопасную смесь только в замкнутом объеме. Горючая нетоксичная перегретая жидкость, сжиженный газ

Дерево событий будет иметь те же события протекания аварии на объекте. Результатом мгновенного выброса в случае полного разрушения технических устройств является пролив и «огненный шар» ТВС. Мгновенное воспламенение создают пожар пролива и дефлаграционное сгорание «огненного шара», масса которого зависит от степени перегрева жидкости и сжиженного газа. Поражающим фактором аварии будет тепловое излучение при сгорании «огненного шара» и пожара пролива.

Отсроченное воспламенение способствует образованию и сгоранию облака ТВС из пролива.

Струйное истечение приводит к образованию огненного факела при появлении источника зажигания. В случае отсроченного зажигания будут иметь место пожар пролива и детонационное или дефлаграционное сгорание образовавшегося облака TBC.

Режим сгорания (детонационный или дефлаграционный) и соответствующий поражающий фактор аварии определяются с учетом пожаро- и взрывоопасности вещества и условий его сгорания [2, 11].

Литература

- 1. Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в редакции от 04.03.2013).
- 2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила безопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 № 96).
- 3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.07.2013 № 306).
- 4. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27.12. 2013 № 646).
- 5. РД 03-14-2005. Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений (утв. приказом Федеральной службы по эко-

- логическому, технологическому и атомному надзору от 29.11.2005 № 893, зарегистрирован в Минюсте РФ 17.01.2006, рег. № 7375).
- 6. Рекомендации по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26.12.2012 № 781).
- Федеральный закон Российской Федерации от 27.07.2010 № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».
- РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (утв. постановлением ГГТН России от 10.07.2001 № 30).
- 9. РД 13.020.00-КНТ-148-11. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах.
- 10. Жулина С.А., Лисанов М.В., Савина А.В. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 1. С. 50—55.
- Васьков Р.Е., Кочетов Н.М. Надежность методик прогнозирования последствий взрыва топливно-воздушной смеси на опасном производственном объекте // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 6. С. 92—103.
- 12. ГОСТ Р 51901.1-2002 (МЭК 60300-3-9: 1995) Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
- Колесников Е.Ю. Способы количественной оценки неопределенности параметров техногенного риска // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 1. С. 56—67.
- 14. Маршал В. Основные опасности химических производств. М.: Мир,1989. 672 с.

- 15. Федеральный закон Российской Федерации от 21.06.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- 16. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
- 17. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 № 404, зарегистрирована в Минюсте РФ 17.08.2009, рег. № 14541).

Сведения об авторах

Васьков Роман Евгеньевич: эксперт ЗАО «Центр аварийно-спасательных формирований» (ЗАО «ЦАСФ»)

Количество публикаций: 5, в том числе соавтор нормативного документа в области промышленной безопасности Область научных интересов: промышленная безопасность

Контактная информация:

Адрес: 301650, Тульская обл., г. Новомосковск, ул. Московская, д. 8/13, кв. 28

Тел.: +7 (920) 756-09-45 E-mail: r_vaskov@mail.ru

Кочетов Николай Михайлович: кандидат технических наук, доцент, Новомосковский институт повышения квалификации (НИПК)

Количество публикаций: более 100, из них 3 учебно-методических и соавтор 2 нормативных документов в области промышленной безопасности

Область научных интересов: экологическая и промышленная безопасность

Контактная информация:

Адрес: 301650, Тульская обл., г. Новомосковск, ул. Комсомольская, д. 35, кв. 52

Тел.: +7 (962) 273-96-99 E-mail: galnik1947@yandex.ru



КРУПНЕЙШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

17 - 20 мая

Москва, ВДНХ, павильон №75







КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2016

| >= >1 >A >F >= >± >†† >@ >-> >@ > X >@ > X >@ >** > 10 >=> >1 >A >F >= >± >†† >@ >-> >@ > X >@ > X

Тематические разделы



Пожарная безопасность



Техника охраны



Безопасность границы



Медицина катастроф



Защита и оборона



Средства



Экологическая безопасность



Промышленная безопасность



Информационны**е**



Комплексная безопасность на транспорте



Ядерная радиационная и



Авиационно-спасательные технологии гражданской обороны



Безопасность на водных объектах



Технологии дистанционного зондирования земли



Материально-техническое обеспечение силовых структур