

международных стандартов, включающая лучшие инструменты, методы, комплексные концепции, практики и подходы к управлению ей, ориентированная на качество и конкурентоспособность продукции предприятия, определение условий его устойчивого развития, удовлетворение потребностей всех заинтересованных сторон и достижение бизнес-целей.

Также хотелось бы закрепить, что отмеченные отличия стандартов — не недостаток.

Список литературы

1. История создания и развития стандартов ИСО серии 9000 [Электронный ресурс] / Студенческие реферативные статьи и материалы. URL: https://studref.com/346636/menedzhment/istoriya_sozdaniya_razvitiya_standartov_serii_9000 (дата обращения: 01.05.2020).
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. Идентичен ИСО 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования» (ISO 9001:2015 «Quality management systems – Requirements», IDT); введ. 2015–11–01; переизд. 2020–02. – М.: Стандартинформ, 2015. – 23 с.
3. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. Идентичен ИСО 14001:2015 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» (ISO 14001:2015 «Environmental management systems – Requirements with guidance for use», IDT). – . Взамен ГОСТ Р ИСО 14001-2007; введ. 2017–03–01; переизд. 2018. – М.: Стандартинформ, 2018. – 31 с.
4. ISO 50001:2018 «Energy management systems – Requirements with guidance for use». Instead ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use»; published 2018–08. – Geneva: ISO, 2018. – 23 p.
5. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования. Идентичен OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования» (OHSAS 18001:2007 «Occupational health and safety management systems – Requirements», IDT); введ. 2013–01–01; переизд. 2019–06. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.

УДК 614.842.6:665.63.012

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Сергеев Кирилл Сергеевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: k.sergeev23@mail.ru

ASSESSMENT OF THE RISK OF AN ACCIDENT DURING TRANSPORTATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GASES

Sergeev Kirill Sergeevich

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: работа посвящена проведению оценки риска возникновения аварийной ситуации на железнодорожной эстакаде в процессе технологической операции по наполнению или опорожнению вагон-цистерны сжиженным углеводородным газом.

Abstract: the article is devoted to assessing the risk of an emergency on a railway overpass during a technological operation for filling or emptying a tank car with liquefied petroleum gas.

Ключевые слова: взрывопожароопасный объект, технологический процесс, аварийная ситуация, предотвращение аварии, метод экспертных оценок, метод дерева отказов.

Keywords: explosion and fire hazard enterprise, technological process, emergency situation, accident prevention, the method of expert evaluations, fault tree method.

Обеспечение безопасности транспортировки сжиженного газа является приоритетной задачей во всем процессе «производитель - потребитель». В настоящее время выделяют несколько способов транспортировки пожаровзрывоопасных газов. Одним из основных способов перевозки смесей лёгких углеводородов, сжиженных под давлением, в частности, сжиженных углеводородных газов (СУГ) являются железнодорожные пути.

Ключевым и наиболее пожаро- и взрывоопасным этапом транспортировки являются производственные операции заполнения и опорожнения вагон-цистерн на сливо-наливных эстакадах. Таким образом, данные эстакады представляют собой объекты повышенной опасности, и имеют ряд основных причин, приводящих к возникновению аварий.

Поскольку рассматриваемая эстакада является объектом, авария на котором при нарушении нормального функционирования может повлечь за собой ущерб здоровью людей, имуществу, экологической системе, то проблема обеспечения безопасности имеет, безусловно, актуальный характер, статистика пожаров и взрывов на газонаполнительных станциях и сливо-наливных эстакадах у нас в стране и за рубежом это подтверждает. Масштабность перевозок идет в основу появления весьма высокого уровня риска возникновения ЧС.

Так, согласно [1] в 2018 году на объектах газораспределения и газопотребления произошло 23 аварии, что на 20 аварий меньше, чем за тот же период 2017 года. Экономический ущерб от аварий составил 20 млн. 763 тыс. руб. (в 2017 году — 389 млн. 529 тыс. руб.). В 2018 году количество травмированных в результате аварии составило 4 человека (случаи смертельного травматизма не зарегистрированы). В результате несчастного случая, не связанного с аварией, погиб один человек. Произошло 2 групповых несчастных случая, в результате которых пострадало 4 человека. В 2017 году также зафиксировано 2 групповых несчастных случая.

Все возможные опасные события, способные привести к возникновению и развитию аварии условно можно разделить на 3 группы:

- общие эксплуатационные опасности (перебои в подаче сырья, электроэнергии, инертного газа, воды и пара, воздуха для технологических целей и приборов КИПиА);
- опасности, связанные с внешними воздействиями (опасности, связанные с деятельностью соседних производств или объектов (техногенные опасности), с движением транспорта, а также природные опасности, акты саботажа и диверсии);
- специфические эксплуатационные опасности (отказы технологического оборудования, насосов, вентиляторов, средств контроля и управления параметрами технологического процесса, ошибочные действия или бездействие персонала, в том числе утечки из трубопроводов и оборудования).

Наиболее опасным сценарием развития аварийной ситуации будет выступать следующий: Полная разгерметизация установки с горючим газом → выброс горючего газа без мгновенного воспламенения → образование облака ГВС взрывоопасной концентрации + источник зажигания → взрыв облака ГВС → поражение людей, оборудования, зданий и сооружений.

В рамках данного исследования была рассмотрена наиболее вероятная аварийная ситуация на рассматриваемом объекте – аварийная разгерметизация установки. С помощью метода ФТА (дерева отказов) были проанализированы и определены причинно-следственные связи между инициирующими и промежуточными событиями, которые в итоге могут привести к аварии (см. рисунок, таблицу).

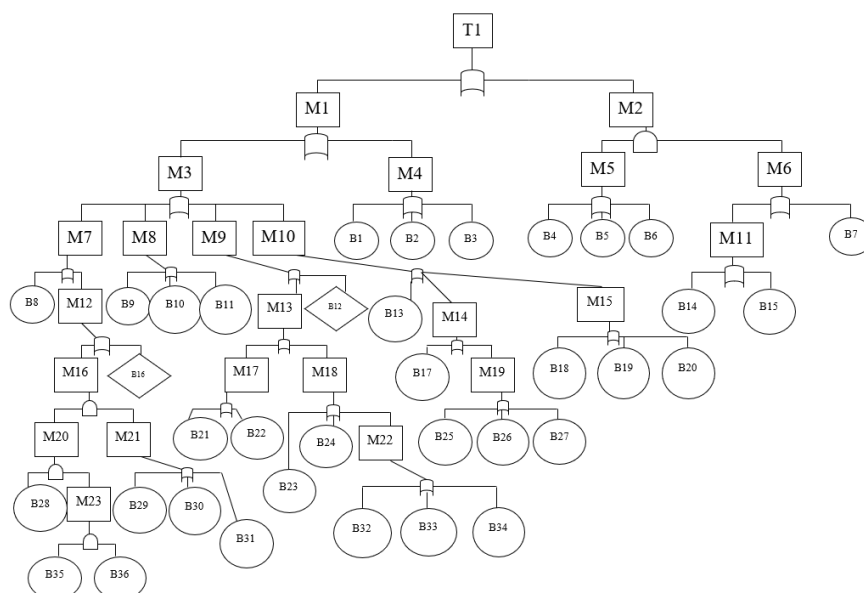


Рисунок – Дерево отказов для аварийной разгерметизации установки слива-налива СУГ на ж/д эстакаде ГРС

Чтобы определить вероятность возникновения главного опасного события, необходимо узнать вероятности инициирующих событий. Частоты и вероятности отказов машинного оборудования, возникновения различного рода коррозий, приборов и механизмов известны и были определены из [2]. Для остальных событий необходимо было применить метод экспертных оценок. Был разработан опросный лист из необходимых причин, который был предложен для оценки пяти экспертам различного социального статуса и опыта (Профессор ОКД, Доцент ОКД, студент-магистр ОКД, оператор резервуарного парка нефтехимического предприятия и инженер-технолог магистрального газопровода). Далее с помощью программы STATISTICA оценили согласованность экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла. Определенный коэффициент конкордации оказался меньше 0,4 ($=0,012$), это говорит о том, что мнения экспертов не согласованы. Причинами несогласованности экспертов может выступать несколько факторов: их разные социальные и научные статусы, слишком малое количество опрошенных и их квалификация. Таким образом, можно выделить группу наиболее вероятных (Некачественная сборка разъемных соединений и Превышение скорости подачи продукта), по мнению экспертов, событий, группу наименее вероятных (Оператор не знал инструкции и Вмешательство третьих лиц), а также события, с самой высокой дисперсией в мнениях экспертов (Если цистерна не заторможена и технологические блоки не заземлены).

Далее, согласно правилам расчета вероятностей по дереву отказов, была определена вероятность главного события – $6,16 \cdot 10^{-2}$ 1/год.

Очевидно, самым вероятным событием станет рассеяние облака ГВС и последующая ликвидация, а самым опасным сценарием: Частичная разгерметизация установки → истечение газа без мгновенного воспламенения → образование облака ГВС высокой концентрации → контакт с источником зажигания → взрыв облака ГВС.

Определение уровня риска производилось на основании качественной оценки вероятности и возможных последствий согласно матрице [3]:

- Исследуемый риск, согласно качественной оценки, примем как «Очень вероятный» (10^{-2}). Далее необходимо проанализировать последствия наступления опасного события.
- Последствия опасного события были определены как «Умеренные», поскольку соответствует критериям воздействия, осуществляемым на различные объекты, расположенные в непосредственной близости от места возможной аварии.

В результате уровень риска был определен как «Высокий». Следовательно, необходимо принятие необходимых мер по обеспечению безопасности на потенциально-опасном объекте.

Таблица – Коды и вероятности отказов

Код события	Причина возникновения аварийной ситуации	Частота / вероятность
T1	Аварийная разгерметизация установки на ж/д-эстакаде при операции слива-налива СУГ	$6,16 \cdot 10^{-2}$
M1	Критическое нарушение герметичности технологической системы	0,06161
M2	Технологический процесс слива-налива СУГ своевременно не остановлен	0,0000002592
M3	Критическое отклонение технологических параметров	0,061463
M4	Внешнее воздействие	0,00153
M5	Система ПАЗ не сработала	0,00012
M6	Оператор не среагировал на отклонение показателей	0,00216
M7	Состояние оборудования, не допускающее дальнейшую эксплуатацию	0,00123
M8	Отказы технологического оборудования	0,0002
M9	Изменение технологической среды, условий протекания процесса	0,03684
M10	Ошибочные действия обслуживающего персонала	0,02417
M11	Оператор не заметил отклонений	0,00215
M12	Сверхкритическое состояние дефектов	0,0011
M13	Создание избыточного давления	0,02271
M14	Негативное воздействие на технологический процесс	0,01231
M15	Не обеспечены условия безопасного протекания процесса	0,00122
M16	Рост дефектов	0,000000000001
M17	Повышение температуры резервуара	0,01184
M18	Переполнение резервуара	0,011
M19	Воздействие на уплотнительные соединения	0,00233
M20	Рост напряжений, механический износ	0,000000000001
M21	Образование коррозионных дефектов	0,00003
M22	Превышение уровня	0,01089
M23	Образование трещин	0,0000000001
B1	Вмешательство третьих лиц	0,000012
B2	Авария на соседнем объекте	0,0000106
B3	Экстремальные погодные условия	0,00013
B4	Разрыв в цепи передачи сигнала	0,00001
B5	Отказ системы отключения насосов	0,00001
B6	Отказ предохранительных клапанов	0,0001
B7	Оператор не знал инструкции	0,000013
B8	Использование неисправных приборов, клапанов, задвижек	0,00013
B9	Прекращение или перебои в снабжении электроэнергией, воздухом КИП и т. д.	0,0000001
B10	Отказ машинного оборудования	0,0001
B11	Отказ КИП и А	0,0001
B12	Не проведена дегазация элементов системы	0,0144
B13	Некачественная сборка разъемных соединений	0,0108
B14	Оператор отсутствовал на рабочем месте	0,00105
B15	Оператор не проявлял бдительности	0,0011
B16	Дефекты не ликвидируются	0,0011
B17	Преждевременный запуск/остановка технологического процесса	0,01
B18	Цистерна не заторможена	0,00012
B19	Цистерна, рукава, ёмкость не заземлены	0,0001
B20	Не проведен предварительный осмотр и проверка целостности элементов системы	0,001
B21	Превышение скорости подачи продукта	0,0108
B22	Внешний источник нагрева	0,00105
B23	Отказ аварийного вентиля	0,0001
B24	Отказ предохранительных клапанов	0,0001
B25	Применение ударного инструмента	0,00013
B26	Совершение действий по уплотнению/разуплотнению разъемных соединений при запущенном технологическом процессе	0,0012
B27	Сброс давления с клапанов установки в атмосферу	0,001
B28	Переменные нагрузки	0,001
B29	Внутренняя коррозия и эрозия	0,00001
B30	Атмосферная коррозия	0,00001
B31	Подземная коррозия	0,00001
B32	Отказ КИП	0,0001
B33	Ошибка оператора	0,01
B34	Отказ запорно-регулирующей арматуры	0,001
B35	Некачественная диагностика и выявление дефектов перед вводом в эксплуатацию	0,00001
B36	Дефекты производства	0,00001

Анализируя количественные вероятности иницирующих и промежуточных событий в структуре составленного дерева отказов для исследуемой аварийной ситуации, можно сделать вывод, что основными составляющими полученной (довольно высокой) частоты её наступления выступают факторы вмешательства в технологический процесс человека. Несоблюдение оператором должностной инструкции (оставление рабочего места, воздействие на уплотнительные соединения, некачественный монтаж рукавов), требований безопасного протекания технологического процесса (непроведение предварительного осмотра, непроведение дегазации элементов системы, превышение скорости подачи продукта, перелив ёмкости), требований безопасности работы на установке (не установлены тормозные башмаки, не проведено заземление блоков, применение ударного инструмента) вероятнее остальных событий приведут к возникновению аварийной ситуации на установке.

Доказать эту значимость можно убрав (или приравняв к 0) из веток дерева отказов все элементы с участием оператора. Таким образом, вероятность главного события станет $1,48 \cdot 10^{-2}$ 1/год, что более, чем в 4 раза, ниже полученной в исследовании вероятности.

Поэтому, в первую очередь, необходимо разработать мероприятия по формированию у личного состава четкого понимания важности совершаемых (или не совершаемых) действий, и, как итог, сформировать перечень мероприятий, направленных на повышение уровня культуры безопасности у работников.

Также довольно важную роль в обеспечении безопасного протекания технологического процесса играет состояние оборудования, приборов и соединений. Крайне важно регулярно проводить осмотры и своевременно совершать ремонт/замену неисправных и непригодных для безопасной работы элементов.

Список литературы

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году [электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/%D0%93%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%B7%D0%B0%202018%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4.pdf, свободный.
2. РД 03-496-02 "Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах".
3. ГОСТ Р 51901.23-2012. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска.