

УДК 614.841.3

Особенности оценки пожарной опасности автозаправочных комплексов и дополнительных противопожарных мероприятий

Кузьминов А.Е.; Макаров В.М.

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрены проблемы обеспечения пожарной безопасности автозаправочных комплексов, которые объединяют в себе участки различных классов функциональной пожарной опасности (автозаправочные станции, магазины, кафе, автомойки, станции технического обслуживания и т.д.). Рассмотрены особенности проведения анализа аварийных сценариев и прогноза последствий аварий, пожаров, взрывов, а также учтены отдельные аспекты оценки индивидуального пожарного риска для автозаправочных комплексов. Предложены дополнительные профилактические мероприятия.

Ключевые слова: автозаправочный комплекс, автозаправочная станция, авария, пожар, взрыв, индивидуальный пожарный риск.

Features of assessment of fire hazard of gas filling complexes and additional fire-fighting measures

Kuzminov A.E.; Makarov V.M.

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Abstract: The article deals with the problems of ensuring the fire safety of gas stations, which combine areas of different classes of functional fire hazard (gas stations, shops, cafes, car washes, service stations, etc.). The features of the analysis of emergency scenarios and the prediction of the consequences of accidents, fires, explosions are considered, and certain aspects of assessing the individual fire risk for gas stations are taken into account. Additional preventive measures are proposed.

Keywords: gas station, gas station, accident, fire, explosion, individual fire risk.

Введение

В последнее время увеличивается количество проектируемых автозаправочных комплексов (АЗК) [1]. В стремлении улучшить качество обслуживания клиентов внимание уделяется объединению заправочных станций с магазинами, кафе, автомойками, СТО и пр. При этом, как отмечают специалисты [2; 3; 4], вопросы обеспечения пожарной безопасности данных комплексов нередко отводятся на второй план.

Проведенный анализ статистических данных об авариях и пожарах на АЗК и АЗС [5; 6; 7] показал, что в период в 2007 по 2018 гг. каждый год происходило 1–2 пожара и 1 взрыв. Количество пострадавших составило 58 чел. В частности, в 2016 г. в результате взрыва на АЗК г. Кизляра пострадало 30 чел. Анализ причин пожаров на АЗК и АЗС свидетельствует о том, что основными из них технические поломки автомобилей (25,17 %), неисправности электрооборудования зданий (22 %), нарушение правил ремонтных работ и техники безопасности (17,6 %), переливы топлива (13,2 %), неисправность электрооборудования ТРК (10,23 %), статическое электричество (5,9 %), поджоги (4,4 %), курение (1,5 %).

Поскольку человеческий фактор учесть весьма трудно, в настоящей работе рассматриваются только техногенные причины, которые поддаются контролю и прогнозированию. Анализ технических причин аварий показал, что наиболее частыми отказами являются дефекты труб (13,9 %); дефекты оборудования (1,4 %); брак строительно-монтажных работ (23,2 %); нарушение правил технической эксплуатации (3,9 %); внутренняя эрозия и коррозия (2,4 %); подземная коррозия (37,1 %); механические повреждения (6,9 %);

прочие (11,2 %). Оценка частоты инициирующих событий на АЗК и АЗС, выполненная по результатам анализа статистических данных, показала, что частота пожаров и загораний на АЗК, АЗС составляет $1,9 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹.

Для обеспечения пожарной безопасности на АЗК требуются труднореализуемые мероприятия, которые одновременно учитывали бы специфику различных функциональных зон. В случае пожара люди, присутствующие на АЗК, могут оказаться весьма уязвимыми, поэтому для обоснования их безопасности согласно [8; 9] необходимо проведение расчетов по определению величины пожарного риска. Сравнение данной величины с нормативным значением позволит обосновать или опровергнуть необходимость разработки дополнительных противопожарных мероприятий.

Объект исследования

Рассматриваемый в настоящей работе АЗК расположен в г. Юрга и предназначен для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов АИ-92, АИ-95 и ДТ. Производительность комплекса составляет 250 авт./сут. Площадь участка составляет 1037 м², покрытие асфальтобетонное. В состав АЗК входят: площадка для автоцистерны (АЦ) с аварийным резервуаром, резервуарный парк хранения топлива, 6 топливораздаточных колонок (ТРК), одноэтажная операторная II степени огнестойкости, трубопроводы, промливневая канализация. В резервуарном парке расположено 5 подземных резервуаров емкостью 60 м³ (1 шт.) и 50 м³ (4 шт.), установленных в бетонном саркофаге. Схема расположения объектов АЗК приведена на рис. 1.

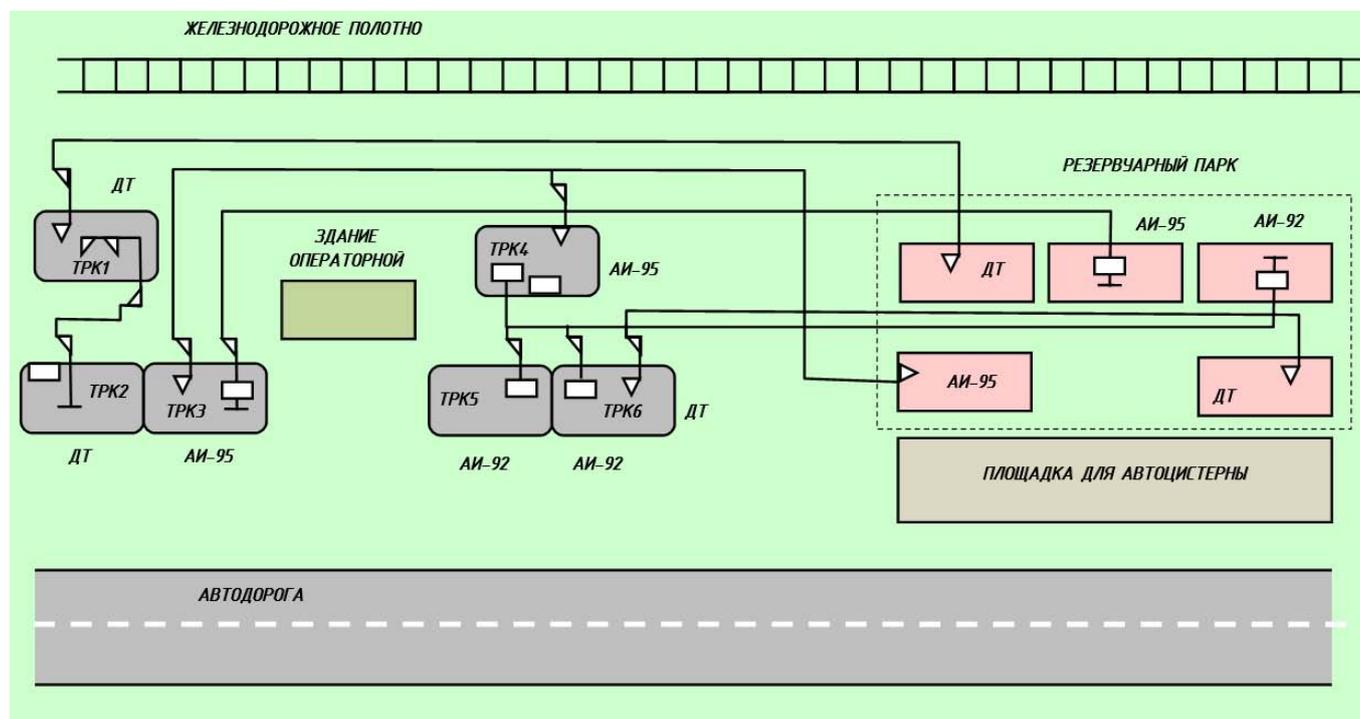


Рис. 1. Схема расположения объектов АЗК

Основные операции, производимые с нефтепродуктами на АЗК делятся на 4 стадии: прием, хранение, учет, выдача. Режим работы АЗК круглосуточный. Состав наибольшей смены – 4 чел. (директор, оператор, 2 оператора ТРК).

На объекте предусмотрены системы защиты от аварий, пожаров, взрывов, а именно: молниезащита II категории, защита от статического электричества, первичные средства пожаротушения, наружное пожаротушение от пожарного гидранта с подъездными путями, защита дыхательных линий огнепреградителями, защита резервуаров от переполнения, защита от проливов нефтепродуктов с привлечением первичных средств и автотехники.

Анализ пожарной опасности технологического оборудования показал, что наибольшую опасность представляют топливо-раздаточные колонки (ТРК) и автоцистерны (АЦ), поскольку при авариях на данном оборудовании возможны разливы топлива на территории АЗК с возможностью образования взрывоопасных паровоздушных облаков.

Методы исследования

При моделировании была рассмотрена территория размерами 102×102 м, которая включала в себя рассматриваемый АЗК. Площадь расчетной территории была увеличена для получения возможности оценки риска за пределами АЗК. В процессе прогнозирования последствий пожаров и взрывов на АЗК рассматриваемая площадка была разделена на элементарные участки 1×1 м, то есть расчеты проводились для каждого из узлов расчетной сетки, имеющей шаг 1 м.

Расчеты проводились по методам, изложенным в Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [10] с учетом рекомендаций [11]. Для определения вероятности реализации сценариев развития аварий использовался метод логических деревьев событий. Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов, обращающихся на рассматриваемом объекте защиты, принимались в соответствии с [12; 13; 14], [15; 16]. При проведении расчетов использовался программный пакет MS Excel. Для визуализации полученных результатов применялся пакет SURF32.

Результаты и обсуждения

При проведении прогноза аварии на ТРК было установлено, что при аварии возможен пожар с вероятностью $1,2 \cdot 10^{-7}$ в год; возникновение огненного шара с вероятностью $5 \cdot 10^{-8}$ в год; взрыв парогазового облака с вероятностью 10^{-6} в год. При аварии на АЦ возможен пожар с вероятностью $2,2 \cdot 10^{-6}$ в год; возникновение огненного шара с вероятностью $3,6 \cdot 10^{-8}$ в год; взрыв парогазового облака с вероятностью $7,3 \cdot 10^{-7}$ в год.

При разгерметизации насоса ТРК происходит пролив бензина на прилегающей территории (средний объем топлива при заправке в автомобиль 20 л). Площадь пролива составит 3 м². Масса образовавшегося пара за 1 час будет равна 1,18 кг.

Как показали расчеты избыточного давления взрыва, на расстоянии 10 м от эпицентра аварии давление взрывной волны составляет 12 кПа, на расстоянии 20 м – 5 кПа. Условная вероятность поражения человека избыточным давлением на расстоянии 1 м составила $5 \cdot 10^{-2}$, на расстоянии 2 м – $5 \cdot 10^{-3}$.

При пожаре пролива бензина из ТРК опасность будет возникать только в случае попадания человека непосредственно в зону горения. В этом случае условная вероятность поражения будет равна 1. За пределами пролива она будет равна нулю. Опасность огненного шара при аварии ТРК незначительна. Диаметр огненного шара составит 5,6 м, высота подъема – 2,8 м, время существования – около 1 с. Интенсивность теплового излучения огненного шара на расстоянии 1 м составит 108 кВт/м², доза теплового излучения – $1,05 \cdot 10^5$ Дж/м². Данная доза вызывает у человека ожог 2-й степени. Условная вероятность поражения человека при возникновении огненного шара пренебрежимо мала.

При проведении прогноза аварии на АЦ было установлено, что возможен пожар с вероятностью $2,2 \cdot 10^{-6}$ в год; возникновение огненного шара с вероятностью $3,6 \cdot 10^{-8}$ в год; взрыв парогазового облака с вероятностью $7,3 \cdot 10^{-7}$ в год.

При полном разрушении АЦ в окружающее пространство выходит все содержимое резервуара, то есть 36,523 м³. Площадь поверхности пролива в пределах отбортовки составит 58 м². Часть бензина сольется в аварийную емкость объемом 25 м³. Поэтому в проливе останется 11,523 м³ бензина. Масса бензина составит 8804 кг. За 1 ч из пролива бензина образуется 22,8 кг пара.

Проведенные прогнозные расчеты условной вероятности поражения человека избыточным давлением взрыва показали, что на расстоянии 10 м от эпицентра аварии вероятность поражения равна $5 \cdot 10^{-2}$, на расстоянии 5 м – 0,12, на расстоянии 4 м – 0,31, на расстоянии 2 м – 0,85. При попадании человека в эпицентр взрыва, вероятность поражения равна 1.

При оценке последствий горения разлива бензина при аварии АЦ было получено, что диаметр пролива равен 8,6 м, высота пламени составит 15,47 м. Проведенные прогнозные расчеты условной вероятности поражения человека тепловым излучением от зоны пожара показали, что внутри зоны горения она равна 1, за пределами резко снижается до нуля.

Оценка последствий огненного шара при аварии АЦ показала, что диаметр огненного шара составит 14,8 м, высота, на которую поднимется огненный шар составит 7,4 м, время существования огненного шара будет равно 2,4 с. Проведенные прогнозные расчеты условной вероятности поражения человека тепловым излучением от огненного шара показали, что на расстоянии 10 м от центра огненного шара вероятность

поражения равна $8 \cdot 10^{-2}$, на расстоянии 5 м – 0,48, на расстоянии 4 м – 0,57, на расстоянии 2 м – 0,68. При попадании человека в эпицентр аварии вероятность поражения огненным шаром будет равна 0,7.

На основе полученных результатов был определен потенциальный пожарный риск. Потенциальный пожарный риск показывает вероятность гибели человека, если бы он постоянно находился в данной точке. Он характеризует потенциальную опасность каждой конкретной точки территории объекта без привязки к нахождению в ней человека. Для определения вероятности нахождения персонала было учтено суммарное время работы операторов ТРК на площадке отпуска топлива (6 ч в сутки). Поэтому вероятность присутствия операторов около ТРК составило 0,25. Что касается площадки для АЦ, то здесь работа осуществляется в течение 3 ч в сутки. Поэтому вероятность присутствия людей на данной площадке составит 0,125.

Используя значения потенциального пожарного риска для всей территории АЗК, а также значения вероятности присутствия персонала около оборудования был рассчитан индивидуальный пожарный риск в каждой точке территории АЗК. В результате расчетов было получено распределение индивидуального пожарного риска по территории АЗК (рис. 2).

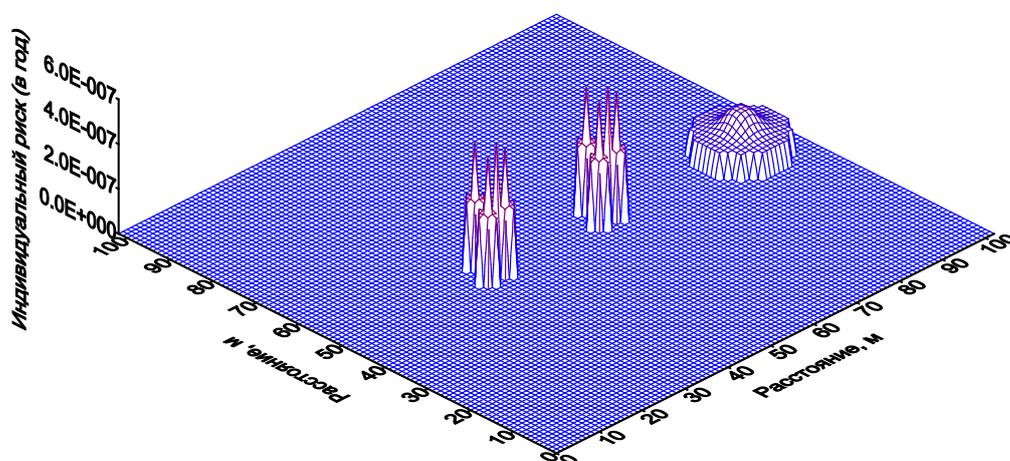


Рис. 2. Распределение индивидуального пожарного риска для людей на территории АЗК

Максимальное значение индивидуального пожарного риска на территории АЗК отмечается в районе расположения ТРК и составляет $6 \cdot 10^{-7}$ в год. Максимальное значение риска в районе площадки для АЦ составляет $2 \cdot 10^{-7}$ в год. Поскольку нормативное значение индивидуального пожарного риска, установленное Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности, составляет 10^{-6} в год, то можно заключить, что индивидуальный пожарный риск на территории АЗК не превышает нормативное значение.

В связи с тем, что АЗК находится в зоне отчуждения, образованной железной дорогой и автомобильной дорогой, где не проживает население (плотность проживания населения равна нулю), то АЗК не представляет опасности для людей, находящихся в селитебной зоне. Поэтому социальный пожарный риск рассматриваемого АЗК необходимо принять равным нулю.

Заключение

Как показали проведенные исследования, пожарный риск для рассматриваемого АЗК не превышает нормативных значений, и согласно ст. 6 Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности пожарная безопасность АЗК может считаться обеспеченной. Вместе с тем, для обеспечения комплексной безопасности от аварий на АЗК и поддержания в готовности сил и средств к их локализации и ликвидации предлагаются конструктивно-технические и административно-организационные меры:

- а) применение технологического оборудования повышенной надежности (с максимальным запасом прочности);
- б) использование прогрессивных технологических процессов, направленных на уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и персонал;

- в) обеспечение надежного функционирования систем предупредительной сигнализации, оповещения о пожаре, пожаротушении, систем предохранительных блокировок, систем оповещения о чрезвычайных ситуациях;
- г) проведение систематических проверок технического состояния оборудования и трубопроводов;
- д) осуществление постоянного контроля за соблюдением режимных требований технологического процесса и состоянием воздушной среды;
- е) регулярное обучение персонала способам защиты и действий в чрезвычайных ситуациях;
- ж) поддержание в постоянной готовности к применению технических средств по локализации и ликвидации последствий аварий.

Литература

1. ГОСТ Р 58404-2019 Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.
2. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие/ С.И. Зернов. – М.: ЭКЦ МВД России, 1992. – 214 с.
3. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски / Н.Н. Брушлинский, Ю.Н. Шебеко, И.А. Болодьян и др. / Под общей ред. Н.Н. Брушлинского и Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. – 370 с.
4. Моделирование пожаров и взрывов / Под ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 230 с.
5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 г. Москва, 2017. – 442 с.
6. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 г. Москва, 2018. – 361 с.
7. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 г. Москва, 2019. – 397 с.
8. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29.07.2017) (редакция, действующая с 31.07.2018) Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Российская газета, № 163, 01.08.2008.
9. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска. Постановление Правительства РФ от 22.07.2020 № 1084. // Собрание законодательства Российской Федерации, № 30, 27.07.2020, ст. 4940.
10. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями на 14.12.2010). Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 // Пожарная безопасность, № 3, 2009.
11. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.
12. Показатели пожаровзрывоопасности веществ. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов. Руководство / ВНИИПО МЧС России. – Утв. ФГУ ВНИИПО МЧС России 30.08.2002.
13. Пособие по применению СП 12.13030.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» /И.М. Смолин и др. – М : ВНИИПО, 2014. – 147 с.
14. Баратов А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд. / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др.: В 2 кн. – Кн. 1. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
15. Годжелло М.Г. Пожарная опасность веществ и материалов: Справочник / М.Г. Годжелло, В.Я. Гращенкова, М.Н. Колганова и др. /М.: Изд-во литер. по строит., 1990.
16. Корольченко А.Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 2. – 774 с.