

УДК 62:725.384:614.841.2

ПОВЫШЕННАЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТЬ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Камаева Э.Д., Фазылова А.В., Дрозд В.А., Насырова Э.С.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,
e-mail: Nasyrova.ES@ugatu.su*

В настоящее время в России в связи с существенным увеличением парка автомобилей резко возросла потребность в пунктах заправки их топливом. При этом широко распространено проектирование и строительство автозаправочных станций в непосредственной близости от потребителей. По этой причине, как в крупных городах, так и на подъездах к ним появляется все больше АЗС, которые в свою очередь являются объектами повышенной опасности. В данной статье приведены основные факторы взрывопожароопасности на АЗС, рассмотрены их типы, а также представлен возможный сценарий развития событий при возникновении чрезвычайной ситуации. Изучены существующие методики оценки рисков и анализа пожарной безопасности, управленческие решения в случае разгерметизации резервуара и пролива топлива из оборудования АЗС. Проанализирована статистика пожаров на автозаправочных станциях с акцентом на произошедшие крупные случаи. В проведенном исследовании в качестве расчетного объекта выбрана АЗС на территории, которой расположены два наземных резервуара с бензином марки АИ-92 и дизельным топливом (ДТ) емкостью 20 м³ каждая. При анализе риска исследованию подлежал резервуар с наиболее опасным жидким топливом – бензином. В качестве расчетных величин определен индивидуальный и потенциальный риск на территории автозаправочной станции, с использованием метода «дерева событий». Анализ полученных результатов показал, что индивидуальный риск в результате воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации на территории АЗС не превышает нормативное значение для расположенных вблизи объекта жилых застроек.

Ключевые слова: АЗС, пожарный риск, индивидуальный риск, потенциальный риск, «дерево событий», пожарная безопасность

INCREASED EXPLOSION AND FIRE HAZARD OF PETROL STATIONS

Kamaeva E.D., Fazylova A.V., Drozd V.A., Nasyrova E.S.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: Nasyrova.es@ugatu.su

Currently, in Russia, due to a significant increase of cars, the need for refueling points has sharply increased. At the same time, the design and construction of petrol stations in the immediate vicinity of consumers is widespread. For this reason, more and more petrol stations appear both in large cities and at their entrances, which in turn are objects of increased danger. Due to the increase in the number of vehicles, the number of petrol stations that are objects of increased danger is growing. This article presents the main factors of explosion and fire hazard at petrol stations, their types are considered, and also presents a possible scenario for the emergency events developing. The existing methods of risk assessment and fire safety analysis, management decisions in case of tank depressurization and fuel spillage from petrol station equipment are studied. The statistics of fires at petrol stations are analyzed with an emphasis on the major cases that have occurred. In the conducted study, a petrol station on the territory where two ground tanks with AI-92 gasoline and diesel fuel with a capacity of 20 m³ each are located was selected as the calculated object. When analyzing the risk, a tank with the most dangerous liquid fuel, gasoline, was subject for investigation. As calculated values, the individual and potential risk on the territory of a petrol station was determined using the «event tree» method. The analysis of the results showed that the individual risk as a result of exposure to hazardous accident factors on the territory of the petrol station does not exceed the normative value for objects located near residential buildings.

Keywords: petrol station, fire risk, individual risk, potential risk, «event tree», fire safety

В настоящее время в России происходит существенный рост количества автомобилей, в результате повышается спрос на горюче-смазочные материалы. Вследствие этого в нашей стране увеличивается количество автозаправочных станций (АЗС). Автозаправочная станция – один из видов малых распределительных нефтебаз, ограниченный определенным участком и состоящий из сооружений и оборудования для обеспечения заправки транспортных средств моторным топливом и маслом (рис. 1).

Согласно [1] существуют следующие типы АЗС: блочные, модульные, контейнерные и передвижные. Модульные АЗС об-

ладают рядом преимуществ: возможность использовать разные типы топливораздаточных колонок; минимальные финансовые затраты при монтаже; быстрая окупаемость. Во многих случаях при строительстве наземное расположение резервуара является единственным возможным вариантом при проектировании автозаправочных станций из-за геологических и гидрогеологических условий, а также отсутствия условий по размещению подземных коммуникаций. Однако у модульных, по сравнению с традиционными АЗС, существует недостаток – повышенная взрывопожароопасность из-за наличия в своем составе наземных резервуаров для жидких топлив.

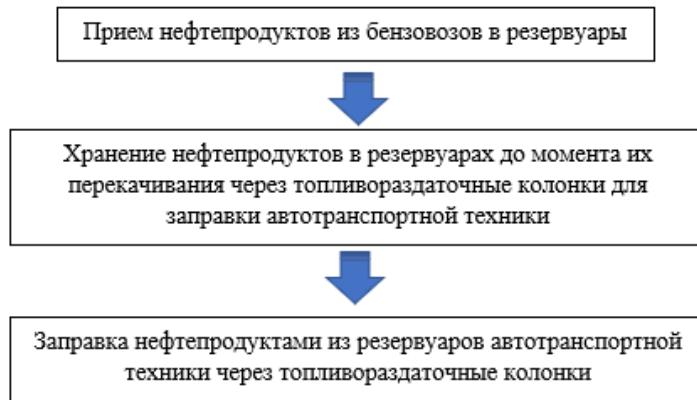


Рис. 1. Технологическая схема автозаправочной станции

В последние годы АЗС трансформируют под автозаправочные комплексы, на территориях которых размещаются автосервисы, кафе или магазины. При размещении объектов сервисного обслуживания на АЗС существуют противоречия [1]. На территории автозаправочных комплексов хранятся значительные объемы бензина и дизельного топлива, что делает их пожароопасными и взрывоопасными объектами.

Причинами аварий на АЗС являются [2]:

- Низкое качество диагностики оборудования, коррозия резервуаров и трубопроводов.
- Нарушение персоналом должностных и производственных инструкций по обслуживанию оборудования; несоблюдение техники безопасности.
- Заправка транспорта с включенным зажиганием.
- Курение на территории АЗС.
- Переполнение транспортных баков топливом, вызванное повреждением топливораздаточных колонок.
- Грозовые разряды и т.д.

Российская Федерация является одной из лидирующих стран по количеству пожаров на автозаправочных станциях. 23 декабря 2019 г. в Чечне на одной из автозаправочных станций загорелись цистерны с бензином и сжиженным газом. Общая площадь пожара составила около 500 м², в тушении принимали участие 30 человек и шесть единиц техники.

31 июля 2020 г. в Краснодарском крае на газовой АЗС произошел взрыв с последующим горением. Причиной пожара стало то, что водитель заправляющейся «Газели» начал движение с неотсоединенными топливно-заливным шлангом, вследствие чего произошел хлопок. Общая площадь пожара составила 300 м². 10 августа 2020 г. на газозаправочной станции в Вол-

гограде осуществлялся слив сжиженного углеводородного газа из автоцистерны в подземные резервуары. В процессе газо-воздушная смесь воспламенилась, а затем произошел взрыв. Облако огня от взрыва поднялось на высоту 153 м. 14 июня 2021 г. в Новосибирске произошел огромный взрыв на автозаправочной станции. Пламя от взрыва поднялось в небо примерно на 138 м, площадь пожара составила более 1,5 тыс. м² [3].

При наличии дополнительных объектов на территориях АЗС для обеспечения требований пожарной безопасности необходим расчет пожарного риска [4]. Также многие ученые проводят различные исследования, посвященные теме пожаровзрывобезопасности на АЗС. Например, в работе [5] авторы разрабатывают сценарий возможного развития событий при возникновении аварийной ситуации – разгерметизации резервуара с бензином. Анализ производится с использованием метода «дерева отказов» и «дерева событий», а также учитываются литературно-справочные данные об отказах оборудования.

Авторами [6] разработана методика, основанная на множественном регрессионном анализе статистических данных, для получения модели оценки рисков и анализа пожарной безопасности автозаправочных станций. В исследовании используются данные об окружающей среде, нарушениях требований охраны труда и техники безопасности, зафиксированные во время использования и техобслуживания АЗС.

При разливе нефтепродуктов и в последующем их воспламенении в радиус поражения попадает сама территория АЗС и близко находящиеся к ней здания, сооружения и объекты. Данную проблему в своей работе рассмотрели Д.Ю. Мартынова и др. [7]. Также они дали оценку месту образования взрывоопасных концентраций горю-

чих смесей и определили вероятность поражения людей, находящихся вблизи АЗС при сгорании топливно-воздушной смеси.

В.А. Лей [8] рассматривает управление пожарными рисками как мероприятие для целей прогнозирования вероятных сценариев профилактики и развития взрывов и пожаров на автозаправочных станциях. В его работе описаны управляемые решения в случае пролива из оборудования АЗС топлива, а также необходимости безопасной эвакуации людей и минимизированию неблагоприятных последствий от возможной аварии.

Авторами [9] проводится исследование пожаров в автомобильных цистернах на АЗС, причиной которых является разгерметизация сливного патрубка. Также выявляются отдельные особенности таких пожаров, даются некоторые рекомендации по профилактике возгораний автоцистерн на стационарных автозаправочных станциях.

В исследованиях [10–12] проведен обзор статистики пожаров на АЗС. Авторами определены основные причины возникновения возгораний, такие как нарушение правил работы с электрооборудованием, при технологических процессах; несоблюдение требований пожарной безопасности при проведении ремонтных работ. Приведены рекомендации для профилактики пожаров на автозаправочных станциях.

При эксплуатации АЗС возникает не только пожарная, но и экологическая опасность. Например, для ее снижения А.Ш. Мамедов в своей работе [13] предлагает систему улавливания и рекуперации паров «ЭРЕСТ»: бензиновый конденсат, отделяясь от воды, возвращается в резервуар. Это приводит к сокращению потерь от реализации и хранения бензинов. Целью данной работы является исследование пожароопасности типовой модульной АЗС с оценкой индивидуального риска.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрана условная модульная АЗС, на территории которой расположены два наземных резервуара с бензином марки АИ-92 и дизельным топливом (ДТ) емкостью 20 m^3 каждая. При анализе риска исследованию подлежал резервуар с наиболее опасным жидким топливом – бензином.

Анализ пожарного риска производится согласно приказу МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». В качестве расчетных величин определим индивидуальный и потенциальный риск на территории АЗС.

Анализ пожарного риска проводится путем определения пожарной опасности АЗС с выделением возможных пожароопасных аварийных ситуаций и их причин и параметров для каждой ситуации. Для выявленных ситуаций строятся сценарии возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей. Анализ условий развития аварийных ситуаций производится на основе анализа «дерева событий». Исходные данные для расчета представлены в таблице.

Исходные данные

Параметр	Величина
Объем	20 m^3
Степень заполнения	90%
Плотность бензина	$760\text{ кг}/\text{м}^3$
Низшая рабочая теплота сгорания	$44000\text{ кДж}/\text{кг}$
Молярная масса бензина	$95,3\text{ кг}/\text{кмоль}$
Расчетная температура	22°C
Площадь обвалования	120 м^2

Масса жидкости, поступившей в окружающую среду, определялась по методике [14].

Результаты исследования и их обсуждение

На АЗС достаточно часто происходит пролив нефтепродуктов, что предполагает образование паровоздушной смеси (ПВС) с концентрацией большей, чем нижний концентрационный предел распространения пламени, тем самым увеличивая риск возникновения пожара или взрыва, так как техническое оборудование модульной автозаправочной станции располагается на открытой площадке (рис. 2).

В резервуаре объем жидкости, поступившей в окружающую среду, составляет 18 m^3 , масса опасного вещества – $13,68\text{ т}$ и площадь пролива – 120 м^2 (площадь пролива принята равной площади обвалования). Расчет вероятности возникновения аварий выполнен с использованием методики [14] и анализа «дерева событий», который используется для анализа условий развития аварийных ситуаций (рис. 3).

Результат вероятности разгерметизации резервуара по сценарию «пожар пролива» составляет $5,76 \cdot 10^{-8}$, «огненный шар» – $2,4 \cdot 10^{-9}$, «взрыв» – $7,2 \cdot 10^{-9}$ (частота разгерметизации резервуара принята согласно [13] – $3 \cdot 10^{-7}$). Соответственно, построение полей опасных факторов пожара проводится для пожара пролива и огненного шара с расчетом теплового излучения и для взрыва паровоздушной смеси с расчетом избыточного давления.



Рис. 2. Возможный сценарий развития событий при возникновении чрезвычайной ситуации на АЗС



Рис. 3. «Дерево событий» при разгерметизации резервуара

Максимальное значение интенсивности теплового излучения пожара пролива получено на расстоянии 10 м и равно $25 \text{ кВт}/\text{м}^2$, а для огненного шара на том же расстоянии $79 \text{ кВт}/\text{м}^2$. Возможно воздействие теплового излучения на работников АЗС с получением ожогов различной степени, вплоть до гибели в зависимости от местонахождения работника от места аварии. Избыточное давление взрыва на расстоянии 10 м составит 59 кПа.

При реализации рассматриваемых аварий существует вероятность повреждения и разрушения соседних зданий и поражения как работников АЗС, так и людей, находящихся вблизи от места аварии.

Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что индивидуальный риск в результате воздействия опасных факторов аварии на территории АЗС не превышает нормативное значение для объектов, расположенных вблизи жилых застроек ($1 \cdot 10^{-8}$) [14]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что пожарная безопасность исследуемого объекта обеспечивается. Однако для поддержания пожарной безопасности требуется уделять особое внимание вопросам безопасности на АЗС, разрабатывать и совершенствовать уже имеющиеся мероприятия по предотвращению возникнове-

ния чрезвычайных ситуаций. При эксплуатации оборудования на автозаправочных станциях необходимо соблюдать правила техники безопасности работы с техническим и электрическим оборудованием.

Список литературы

1. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Дата введения 01.07.2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110842> (дата обращения: 12.04.2022).
2. Подгорный Д.Д., Пронская Д.А., Бондаренко М.А. Проблема обеспечения пожарной безопасности на автозаправочных станциях самообслуживания // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 3. С. 405–408.
3. Новосибирск онлайн [Электронный ресурс]. URL: <https://ngs.ru/text/gorod/2021/06/15/69970787/> (дата обращения: 08.04.2022).
4. Федеральный закон от 22.07.2008 № ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 12.04.2022).
5. Козлова Е.Б., Мелихов И.А. Анализ пожарной опасности эксплуатации резервуаров с нефтепродуктами на многостоечной АЗС «УФЛОЙЛ» // Цифровая наука. 2020. № 2–3. С. 19–26.
6. Хамидов М.К., Евдокимов А.А. Модель оценки рисков и анализа пожарной безопасности АЗС // Научные междисциплинарные исследования. 2021. № 3. С. 112–115.
7. Мартынова Д.Ю., Букалов Г.К., Манаева А.Р. Проблемы обеспечения противопожарного режима при эксплуатации автозаправочных станций // Вестник современных исследований. 2019. № 3.11. С. 121–123.
8. Лей В.А. Управление пожарным риском на АЗС // Modern Science. 2021. № 5–4. С. 277–280.
9. Маринина Д.С., Шмидт З.В., Сидорович К.А., Сиволоб М.А., Полехина А.М. Пожарная безопасность автозаправочных станций региона // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2019. № 1. С. 354–358.
10. Миньков Н.А., Пугаев Д.В. Пожарная безопасность автозаправочных станций // XLVII Огарёвские чтения. 2019. С. 426–430.
11. Туранов А.Э. Вопросы пожарной безопасности на автозаправочных станциях // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. 2020. С. 60–63.
12. Белозерова Д.А., Черников А.И. Обеспечение пожарной безопасности автозаправочных станций // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. Т. 1. №. 10. С. 27–30.
13. Мамедов А.Ш. К вопросу о снижение пожарной и экологической безопасность автозаправочной станции // Экологическая и техносферная безопасность горнорудных регионов. Проблемы совершенствования управления природными и социально-экономическими процессами на современном этапе: материалы IX Международной научно-практической конференции, Екатеринбург-Бишкек, 25 мая 2021 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2021. С. 144–150.
14. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (Зарегистрировано в Минюсте России 17.08.2009 № 14541) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91229/ (дата обращения: 12.04.2022).