

# АНАЛИЗ ПОЖАРНОГО РИСКА МОДУЛЬНОЙ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

**С.А. Шевцов, доктор технических наук;  
Д.В. Каргашилов, кандидат технических наук;  
И.А. Быков.**

**Воронежский институт ГПС МЧС России**

Выполнен расчет и проведена оценка пожарной опасности хранения жидкого моторного топлива в наземных двустенных резервуарах на территории модульной автозаправочной станции. Спрогнозированы события, перечень и значения частот возможных сценариев развития пожароопасных ситуаций. Определены значения условной вероятности поражения человека на территории модульной автозаправочной станции. Сравнение расчетных величин индивидуального пожарного риска для людей, находящихся вблизи наземного двустенного резервуара с нормативным значением, свидетельствующее о возможности размещения дополнительных сервисных объектов на территории модульной автозаправочной станции без нарушения требований пожарной безопасности.

*Ключевые слова:* модульная автозаправочная станция, хранение нефтепродукта, наземный двустенный резервуар, сценарии развития пожароопасных ситуаций, условная вероятность поражения человека, индивидуальный пожарный риск, пожарная безопасность

## ANALYSIS OF FIRE RISK OF MODULAR GAS STATION

S.A. Shevtsov; D.V. Kargashilov; I.A. Bykov.  
Voronezh institute of State fire service of EMERCOM of Russia

Calculation is executed and assessment of a fire risk of storage of liquid motor fuel in land double-walled reservoirs in the territory of modular gas station is carried out. Events, the list and values of frequencies of possible scenarios of development of fire-dangerous situations are predicted. Values of conditional probability of defeat of the person in the territory of modular gas station are determined. Comparison of settlement sizes of individual fire risk for the people who are near the land double-walled reservoir with standard value testifies to a possibility of placement of additional service objects in the territory of modular gas station without violation of requirements of fire safety.

*Keywords:* modular gas station, oil product storage, land double-walled reservoir, scenarios of development of fire-dangerous situations, conditional probability of defeat of the person, individual fire risk, fire safety

Прогресс автомобилизации России определил рост спроса на горюче-смазочные материалы и, как следствие, дал толчок к развитию такого сегмента рынка, как автозаправочные станции (АЗС).

Не так давно АЗС в России представляли собой довольно скудный набор предоставляемых услуг. По мере становления отрасли, ситуация стала быстро меняться. С ростом спроса клиентов на АЗС постепенно расширяются дополнительные услуги, что позволяет получать доход от их реализации.

Современные автозаправочные станции представляют собой не просто пункты продажи бензина, они выполняют функции и торгового центра, и станции техобслуживания, и готовы предложить своим клиентам ряд других сервисных услуг: магазин, кафе, платежные терминалы, шиномонтаж, автомойку, мотель и др.

С точки зрения пожарной опасности размещение данных объектов на территории традиционных АЗС в большинстве случаев не идет в разрез с нормативной базой. Однако

ситуация меняется, если речь идет о модульных АЗС, характеризующихся наличием наземных резервуаров для хранения и отпуска жидкого моторного топлива. Модульные АЗС имеют ряд преимуществ: возможность использовать разные типы топливораздаточных колонок; минимальные финансовые затраты на монтаж АЗС, не требующего много времени; быстрая окупаемость. Кроме того, в ряде случаев наземное расположение резервуара является единственным возможным вариантом при проектировании АЗС из-за геологических и гидрогеологических условий, а также стесненных условий по размещению подземных коммуникаций. Очевидным минусом модульных АЗС по сравнению с традиционными АЗС является их повышенная взрывопожароопасность в связи с наземным расположением резервуаров для жидкого моторного топлива. В нормативной документации есть противоречия по размещению различных объектов по сервисному обслуживанию клиентов на АЗС подобного типа [1]. Для решения данной задачи расчет пожарного риска необходим для обеспечения требования пожарной безопасности модульной АЗС при наличии на ее территории дополнительных объектов по сервисному обслуживанию [2].

Цель работы – оценка пожарной опасности и обеспечение требований пожарной безопасности модульной АЗС по величине индивидуального пожарного риска.

### Описание рассматриваемого объекта

Исходя из генеральных планов функционирующих модульных АЗС, емкости используемых резервуаров для жидкого моторного топлива в качестве расчетного варианта рассмотрим модульную АЗС, на территории которой имеются три наземных двустенных горизонтальных резервуара объемом 40 м<sup>3</sup> каждый с бензином АИ-92, АИ-95 и ДТ, из которых происходит выдача топлива потребителю через топливораздаточную колонку. На территории объекта, расположенного в г. Воронеже, находится здание обслуживания клиентов (магазин, кафе и т.д.).

Наибольшей пожарной опасности будут подвергаться клиенты модульной АЗС, как наименее подготовленные люди к возникновению чрезвычайных ситуаций.

Проведем расчет индивидуального пожарного риска в соответствии с методикой [3] для людей, находящихся в здании обслуживания клиентов, и для людей, находящихся на открытой площадке, на территории модульной АЗС на расстоянии 20 м от РГС-40.

При проведении расчета было принято допущение, в соответствии с которым в качестве объекта защиты исследовался резервуар с наиболее опасным из рассматриваемых жидких топлив – резервуар с бензином марки АИ-95 [4].

В качестве иницирующих пожароопасные ситуации событий, выбор которых значительно влияет на достоверность полученных результатов, использовались данные методики [3]:

- разгерметизация резервуара с образованием отверстия истечения (25 мм и 100 мм);
- квазимгновенное (полное) разрушение резервуара;
- воздействие опасных факторов пожара на резервуар извне, приводящее к его воспламенению с образованием огненного шара.

Для описания последовательности возникновения и развития пожароопасных ситуаций – сценариев использован метод логических деревьев событий [3, 5, 6], графическая интерпретация которых представлены на рис. 1.

Первые пять сценариев соответствуют аварии резервуара с бензином АИ-95 с образованием отверстия истечения диаметром 0,025 м, что влечет за собой следующие пожароопасные ситуации:

- 1 – пожар пролива в результате мгновенного воспламенения;
- 2 – образование облака из-за испаряемости бензина с концентрацией паровоздушной смеси выше нижнего концентрационного предела распространения пламени и его сгорание с образованием волн давления в результате отсутствия мгновенного и наличии последующего воспламенения в условиях безветренной погоды в заданном регионе;

3 – образование облака из-за испаряемости бензина с концентрацией паровоздушной смеси выше нижнего концентрационного предела распространения пламени и его сгорание с образованием пожара-вспышки в результате отсутствия мгновенного и наличии последующего воспламенения в условиях безветренной погоды в заданном регионе;

4 – пожар пролива в результате отсутствия мгновенного и наличии последующего воспламенения в отсутствии штиля в заданном регионе;

5 – не влечет вреда жизни и здоровью человека (в дальнейших расчетах не учитывается).

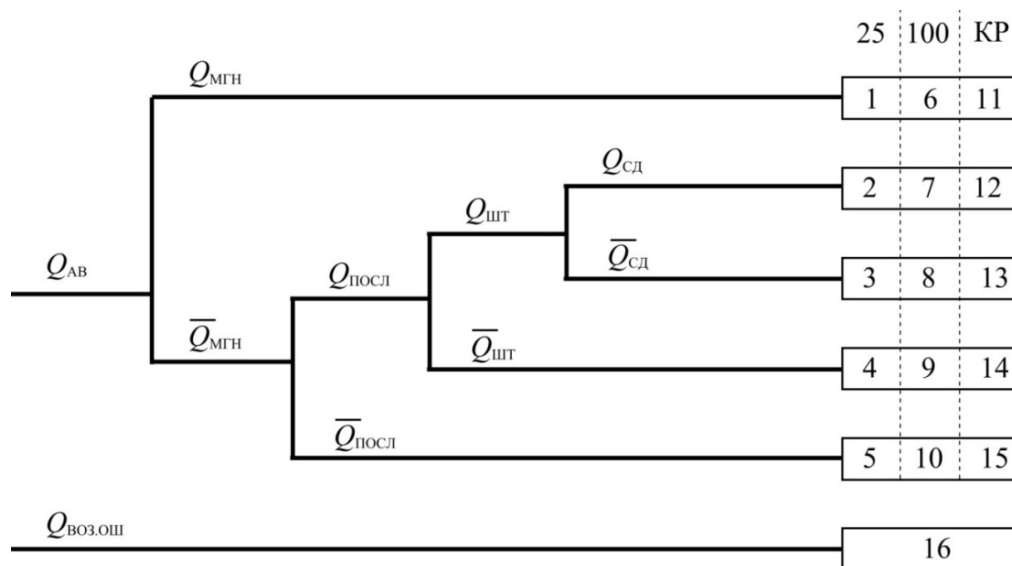


Рис. 1. Логические деревья событий с указанием номеров сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуара сжиженных углеводородных газов:

$Q_{AB}$  – частота разгерметизации резервуара с последующим проливом бензина;

$Q_{MGN}$  – условная вероятность мгновенного воспламенения бензина;

$Q_{Посл}$  – условная вероятность последующего воспламенения бензина при отсутствии мгновенного воспламенения;  $Q_{ШТ}$  – максимальная повторяемость штиля на территории расположения объекта;  $Q_{Сд}$  – условная вероятность сгорания облака с образованием избыточного давления при образовании взрывоопасной зоны и ее последующего воспламенения;  $Q_{Воз.Ош}$  – частота внешнего воздействия опасных факторов пожара,

приводящего к реализации огненного шара;  $\bar{Q}$  – условная вероятность обратного события; 25 – сценарии, связанные с аварией резервуара с образованием отверстия истечения 25 мм; 100 – сценарии, связанные с аварией резервуара с образованием отверстия истечения 100 мм; КР – сценарии, связанные с квазимгновенным разрушением резервуара

Последовательность возникновения сценариев 6–10 (авария резервуара с бензином АИ-95 с образованием отверстия истечения диаметром 0,1 м) и 11–15 (квазимгновенное разрушение резервуара с бензином АИ-95) соответствует сценариям 1–5, за исключением сценария 11, который заключается в мгновенном воспламенении резервуара с последующим образованием огненного шара.

Сценарий 16 заключается в воздействии опасных факторов пожара на резервуар с бензином извне, что при условии его воспламенения приведет к образованию огненного шара.

Значения частот событий, инициирующих пожароопасные ситуации, и условные вероятности их возможных последствий, определяемых в соответствии с методикой и статистическими данными, приведёнными в [3, 7], сведены в табл. 1. При этом значения вероятностей для двустенного резервуара принимали на три порядка ниже справочных значений в соответствии с работой [7].

Таблица 1. Значение частот событий, инициирующих пожароопасные ситуации, и условные вероятности их возможных последствий при разгерметизации резервуара

Значение условной вероятности события	Локальная разгерметизация резервуара с диаметром отверстия истечения, мм		Полное разрушение
	25	100	
$Q_{AB}, \text{год}^{-1}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-9}$
$Q_{MГН}, \text{год}^{-1}$	0,035	0,035	0,200
$Q_{ПОСЛ}, \text{год}^{-1}$	0,036	0,036	0,240
$Q_{ШТ}, \text{год}^{-1}$	0,14 (для Воронежской области [8])		
$Q_{ЕД}, \text{год}^{-1}$	0,240	0,240	0,600
$Q_{ВОЗ.ОШ}, \text{год}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$		

Частоту реализации каждой пожароопасной ситуации – сценария определяем как произведение вероятности аварии резервуара и вероятностей развития аварийной ситуации по каждому сценарию (табл. 2).

Таблица 2. Частоты реализации сценариев развития пожароопасных ситуаций для РГС-40 с жидким моторным топливом АИ-95

№ сценария, $j$	Частота реализации $j$ -го сценария, $\text{год}^{-1}$	№ сценария, $j$	Частота реализации $j$ -го сценария, $\text{год}^{-1}$
1	$17,5 \cdot 10^{-9}$	9	$1,49 \cdot 10^{-9}$
2	$0,58 \cdot 10^{-9}$	10	$46,5 \cdot 10^{-9}$
3	$1,84 \cdot 10^{-9}$	11	$1,60 \cdot 10^{-9}$
4	$14,9 \cdot 10^{-9}$	12	$0,05 \cdot 10^{-9}$
5	$4,65 \cdot 10^{-7}$	13	$0,16 \cdot 10^{-9}$
6	$1,75 \cdot 10^{-9}$	14	$1,32 \cdot 10^{-9}$
7	$0,06 \cdot 10^{-9}$	15	$4,86 \cdot 10^{-9}$
8	$0,18 \cdot 10^{-9}$	16	$2,50 \cdot 10^{-8}$

Для определения условной вероятности поражения человека, находящегося в здании обслуживания клиентов и на открытой площадке на расстоянии 20 м от резервуара РГС-40, по одному из сценариев развития аварии использовались детерминированные и вероятностные критерии оценки поражающего действия опасных факторов пожара.

Значения условной вероятности поражения человека при реализации различных сценариев пожароопасных ситуаций приведены в табл. 3.

Таблица 3. Условная вероятность поражения человека, находящегося на расстоянии 20 м от резервуарной установки РГС-40, при реализации различных сценариев пожароопасных ситуаций

Возможные варианты развития пожароопасных ситуаций при разгерметизации резервуарной установки для хранения жидкого топлива	Условная вероятность поражения человека, находящегося на расстоянии 20 м от резервуарной установки для хранения жидкого моторного топлива	
	на открытой площадке	внутри здания
Огненный шар	1	1
Пожар-вспышка	0	0
Быстрое сгорание (взрыв) газового облака	0	1
Пожар пролива	0,42	0,42

Величина потенциального пожарного риска в определенной точке на территории АЗС при эксплуатации резервуара с жидким топливом определена как сумма произведений частот возникновения пожароопасных ситуаций – сценария в течение года и условных вероятностей поражения человека в результате их реализации, отвечающих определенному инициирующему аварии событию [3].

Принимая круглосуточный режим работы АЗС, получим индивидуальный пожарный риск равный величине потенциального риска в этой зоне:

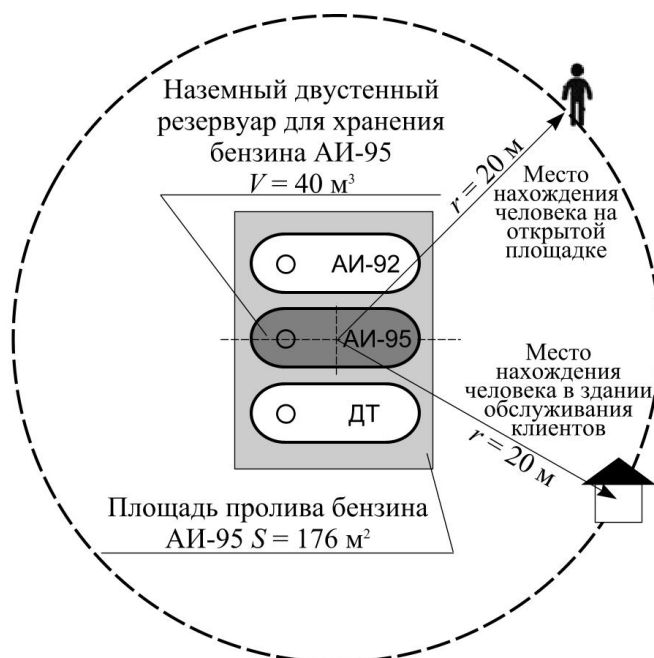
– для людей, находящихся на открытой площадке:

$$R_m^{on} = P_{on}(20) = 6,67 \cdot 10^{-8};$$

– для людей, находящихся в здании обслуживания клиентов:

$$R_m^{ez} = P_{ez}(20) = 6,76 \cdot 10^{-8}.$$

Условная схема оценки величины индивидуального пожарного риска для рассматриваемого объекта приведена на рис. 2.



*Индивидуальный пожарный риск для людей*  
 - находящихся на открытой площадке  $R_m^{on} = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$   
 - находящихся в здании обслуживания клиентов  $R_m^{ez} = 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$

Рис. 2. Условная схема оценки величины индивидуального пожарного риска модульной АЗС ( $V$  – объем резервуара с бензином АИ-95,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – площадь пролива бензина,  $\text{м}^2$ ;  $r$  – расстояние от резервуара с бензином до человека, м)

В соответствии со ст. 93 п. 4<sup>1</sup> [2] для производственных объектов, на которых для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной стомиллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной миллионной в год. При этом должны быть предусмотрены средства оповещения людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения, о пожаре на производственном объекте, а также дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите.

На рассматриваемом объекте индивидуальный пожарный риск для людей, находящихся как на открытой площадке, так и в здании обслуживания клиентов на территории модульной АЗС почти на два порядка меньше нормативного значения. Этот факт говорит о том, что пожарная безопасность исследуемого объекта считается обеспеченной, если на нем будут предусмотрены средства оповещения людей о пожаре, а также дополнительные организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите.

Анализируя расчет индивидуального пожарного риска для людей, находящихся на территории модульной АЗС, можно сделать вывод, что определяющим показателем, влияющим на итоговое значение величины индивидуального пожарного риска, является величина вероятности внешнего теплового воздействия на резервуар с бензином, значение которого составляет  $2,5 \cdot 10^{-8}$  год<sup>-1</sup>. Порядок значений величин индивидуального пожарного риска не изменится при варьировании таких определяющих показателей, как объем резервуара и расстояние до человека в пределах как минимум 30 %. Результаты расчета могут быть применимы как к действующим, так и к проектируемым АЗС модульного типа при размещении на их территории дополнительных объектов по сервисному обслуживанию.

### Литература

1. СП 156.13330.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности (утв. Приказом МЧС России от 5 мая 2014 г. № 221). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.; одобрен Советом Федерации Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. законов от 10 июля 2012 г. № 117-ФЗ, от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ, от 23 июня 2014 г. № 160-ФЗ, от 13 июля 2015 г. № 234-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404; зарег. в Минюсте России 17 авг. 2009 г. № 14 541 (в ред. Приказа МЧС России от 14 дек. 2010 г. № 649). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения: справ. изд. в 2 кн. М.: Пожнаука, 2004. Ч. I; Ч. II.

5. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Хабибов М.У. Особенности проектирования резервуарных установок сжиженных углеводородных газов в системах автономного газоснабжения с учетом оценки пожарного риска // Пожарная безопасность. 2016. № 3. С. 150–155.

6. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Быков И.А. Анализ пожарной опасности автономной системы газоснабжения по расчетной величине индивидуального пожарного риска // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. материалов VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Воронеж: Воронежский ин-т ГПС МЧС России, 2016. С. 219–221.

7. Обеспечение пожарной безопасности резервуарного парка нефтепродуктов, расположенного вблизи жилых и общественных зданий / Ю.Н. Шебеко [и др.] // Пожарная безопасность. 2009. № 2. С. 33–41.

8. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (утв. Приказом Минрегионразвития Рос. Федерации от 30 июня 2012 г. № 275). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

### Reference

1. SP 156.13330.2014. Stancii avtomobil'nye zapravochnye. Trebovaniya pozharnoj beshchopnosti [Set of rules 156.13330.2014. Stations are automobile filling. Requirements of fire

safety]: utv. Prikazom MCHS Rossii ot 05 maya 2014 g. № 221. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti [Technical regulations about requirements of fire safety]: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ: prinyat Gos. Dumoj Feder. Sobr. Ros. Federacii 4 iyulya 2008 g.: odobr. Sovetom Federacii Sobr. Ros. Federacii 11 iyulya 2008 g. (v red. Feder. zakonov ot 10.07.2012 g. № 117-FZ, ot 02.07.2013 g. № 185-FZ, ot 23.06.2014 g. № 160-FZ, ot 13.07.2015 g. № 234-FZ). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. Metodika opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah [Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects]: utv. Prikazom MCHS Rossii ot 10 iyulya 2009 g. № 404: zaregistrovano v Minyuste Rossii 17 avg. 2009 g. № 14 541 (v red. Prikaza MCHS Rossii ot 14.12.2010 g. № 649). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

4. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' ve-shchestv i materialov i sredstv ih tusheniya [Fire-and-explosion hazard of substances and materials and means of their suppression]: sprav. izd. v 2 kn. M.: Pozhnauka, 2004. CH. I-713; CH. II.

5. Shevtsov S.A., Kargashilov D.V., Habibov M.U. Osobennosti proektirovaniya rezervuarnykh ustanovok szhizhennykh uglevodorodnykh gazov v sistemah avtonomnogo gazoehnergosnabzheniya s uchetom ocenki pozharnogo riska [Features of design of reservoir installations of the liquefied hydrocarbonic gases in systems of autonomous gas-power supply taking into account assessment of fire risk] // Pozharnaya bezopasnost'. 2016. № 3. S. 150–155.

6. Shevtsov S.A., Kargashilov D.V., Bykov I.A. Analiz pozharnoj opasnosti avtonomnoj sistemy gazoehnergosnabzheniya po raschetnoj velichine individual'nogo pozharnogo riska [The analysis of fire danger of autonomous system of gas-power supply in the settlement size of individual fire risk] // Pozharnaya bezopasnost': problemy i prespektivy: sb. materialam VII Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Voronezh. Voronezhskij in-t GPS MCHS Rossii, 2016. S. 219–221.

7. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti rezervuarnogo parka nefteproduktov, raspolozhennogo vblizi zhilyh i obshchestvennyh zdaniy [Ensuring fire safety of the reservoir park of oil products located near residential and public buildings] / Shebeko Yu.N. [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost'. 2009. № 2. S. 33–41.

8. SP 131.13330.2012. Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99\* [Set of rules 131.13330.2012. Construction climatology. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations 23-01-99 \*]: utv. Prikazom Minregionrazv. Ros. Federacii ot 30 iyunya 2012 g. № 275. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».