

УДК 614.2

А. Б. Кусаинов¹, Ж. О. Тлеуова², К. А. Нарбаев¹

¹Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан

²Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Аннотация. В статье проведен анализ опасности автомобильных газозаправочных станций и существующих норм их проектирования. Проведен многовариантный расчет избыточного давления во фронте ударной волны, импульса волны давления, теплового излучения «огневого шара» и интенсивности теплового излучения при разгерметизации одностенной емкости со сжиженным углеродным газом. Установлено, что существующие нормы проектирования автомобильных газозаправочных станций не отвечают требованиям по обеспечению безопасности населения и территории при возникновении чрезвычайных ситуаций на них.

Ключевые слова: автомобильные газозаправочные станции, сжиженный углеродный газ, интенсивность теплового излучения, ударная волна, импульс волны давления.

На сегодняшний день нормативом, устанавливающим требования к противопожарным расстояниям от автомобильных газозаправочных станций (АГЗС) до смежно расположенных объектов различного класса функциональной пожарной опасности, является СН РК 4.03-20-2012 «Автомобильная заправочная станция – автомобильная газозаправочная станция. Нормы проектирования» [1]. Так, расстояние от АГЗС до объектов класса функциональной пожарной опасности Ф1-Ф4 составляет 60 метров.

Результаты анализа динамики опасных факторов пожаров произошедших как на территории Республики Казахстан, так и в Российской Федерации показывают о необходимости в детальном пересмотре существующих требований норм в части противопожарных разрывов [2].

Обстоятельством, которое усугубляет существующее положение в этой области, является отсутствие норм проектирования АГЗС с надземными одностенными резервуарами хранения газа. Так, в таблице 3 отменённого СН РК 4.03-01-2010 «Нормы проектирования автомобильных газонаполнительных компрессорных станций» устанавливала противопожарное расстояние до общественных зданий 60 метров и не распространялась на одностенные резервуары, а таблица 1 существующего норматива СН РК 4.03-20-2012 вообще не упоминает о том, что показатели указанной таблицы не распространяются к одностенным резервуарам со сжиженным углеродным газом (СУГ).

По данным ДЧС областей, городов республиканского значения и столицы, в настоящее время в республике насчитывается более 2 тыс. АГЗС на которых эксплуатируется около 2220 резервуаров с СУГ объемом от 3 до 20 м³.

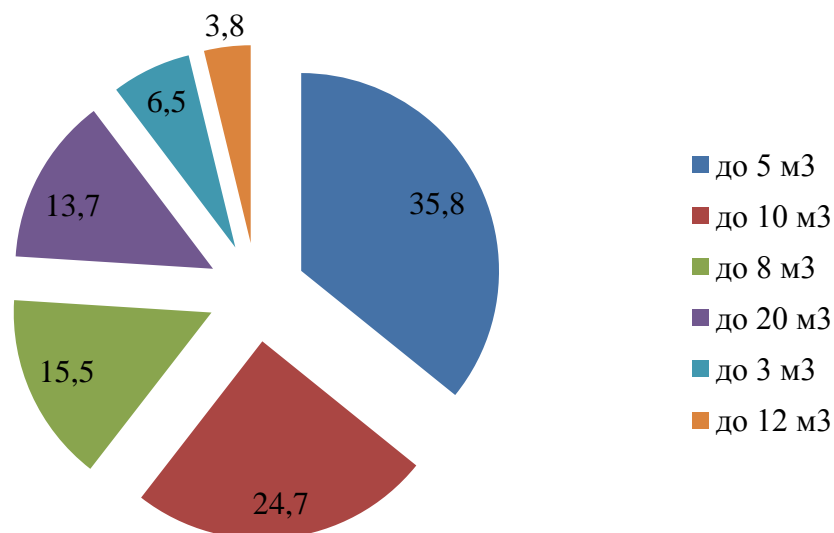


Рисунок 1 – Соотношение количества резервуаров к их объему м³

Из рисунка 1 видно, что наибольшее количество резервуаров приходится на объем 5 и 10 м³, наименьшее на 12 и 3 м³.

До 81% резервуаров по типу корпуса являются одностенными и 19% двустенными. Около 73% (1623 ед.) резервуаров имеют наземную технологическую систему (рисунок 2).

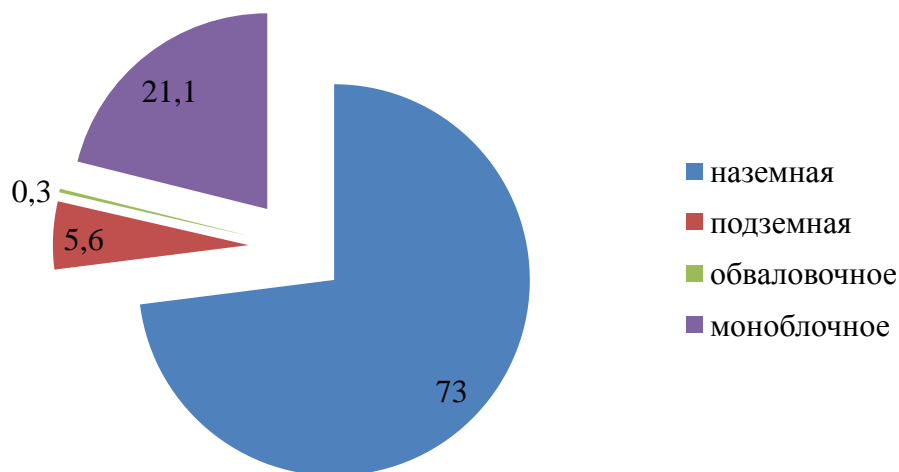


Рисунок 2 – Соотношение количества резервуаров по виду технологической системы

Порядка 86,5% АГЗС имеют насосный способ заправки, 11,8% насосно-испарительный и 1,7% насосно-компрессорный (рисунок 3).

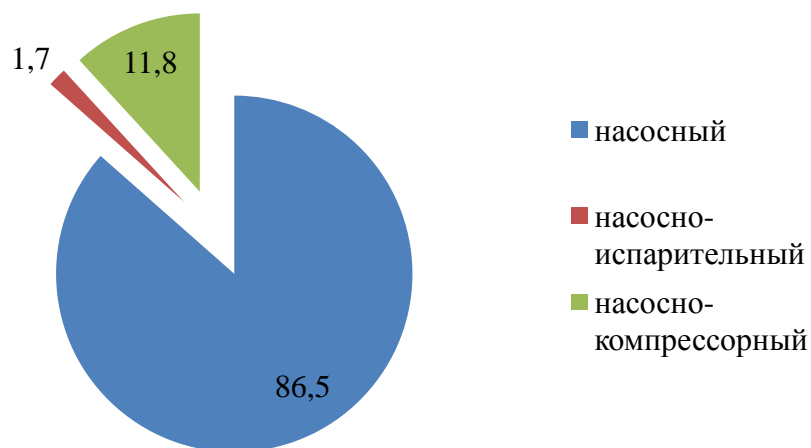


Рисунок 3 – Соотношение количества АГЗС по способу заправки

Таким образом, 81% резервуаров существующих АГЗС на территории Республики Казахстан проектируются и строятся одностенными, а противопожарное расстояние до смежных объектов принимается минимальным и не достаточным для одностенных резервуаров.

В Российской Федерации аналогичные нормы имеют раздел регламентирующий специфические требования к проектированию одностенных резервуаров. Таблица Е.1 приложения Е к СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» устанавливает противопожарные разрывы, для размещения надземных резервуаров при расстоянии 300 м.

В целях определения безопасного расстояния для АГЗС, примем объем резервуара СУГ $V_e = 20 \text{ м}^3$, степень заполнения емкости 85%, давление в емкости $p = 1,6 \text{ МПа}$, температура в емкости 50°C , плотность СУГ при давлении 1,6 МПа и температуре 50°C $\rho_e = 450 \text{ кг/м}^3$. Масса СУГ, находящегося в емкости $m = 0,85 \cdot V_e \cdot \rho_e = 0,85 \cdot 20 \cdot 450 = 7650 \text{ кг}$

При мгновенной разгерметизации емкости с пропаном, вся его масса выйдет в окружающее пространство, при этом часть газа мгновенно испарится, а другая часть выльется на подстилающую поверхность.

При 50°C доля мгновенно испарившегося пропана будет составлять 40% от общей массы пропана. Так как происходит мгновенное воспламенение, именно эта часть будет участвовать в образовании взрыва или огненного шара, остальная часть образует пожар пролива [3].

Таким образом, во взрыве примет участие 3060 кг пропана, а в пожаре пролива 4590 кг.

Согласно этим данным проведен математический расчет избыточного давления во фронте ударной волны, импульса волны давления, теплового излучения «огневого шара» и интенсивности теплового излучения при пожаре пролива от расстояния до центра пролива по методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [4].

Расчет зависимости избыточного давления во фронте ударной волны и импульса волны давления от расстояния до центра взрыва по методике представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты многовариантного расчета избыточного давления во фронте ударной волны и импульса волны давления

Расстояние до объекта, м	Избыточное давление Δp , кПа	Импульс волны давления, Па·с
60	43,4	414,3
70	32,3	355,1
80	26,3	310,7
90	21,2	276,2
100	18,7	248,6
110	16,3	225,9
120	14,7	207,1
130	13,2	191,2
140	11,8	177,5
150	10,8	165,7
160	9,8	155,4
170	9,2	146,2
180	8,5	138,1
190	7,9	130,8
200	7,3	124,3
210	6,9	118,4
220	6,5	112,9
230	6,2	108,1
240	5,8	103,5
250	5,5	99,4
260	5,2	95,6
270	5,3	92,1
280	4,8	88,8
290	4,7	85,7
300	4,5	82,8
310	4,3	80,2
320	4,0	77,7
330	3,9	75,3
340	3,8	73,1
350	3,6	71,0
360	3,5	69,0
370	3,4	67,2
380	3,4	65,4
390	3,0	63,7
400	3,0	62,1
410	2,8	60,6
420	2,8	59,2
430	2,4	57,8
440	2,4	56,5

продолжение таблицы 1

450	2,2	55,2
460	2,2	54,0
470	2,2	52,9
480	2,2	51,7
490	2,2	50,7
500	2,2	49,7
510	2,2	48,7
520	2,2	47,8
530	2,1	46,7
540	2,1	45,8
550	2,1	44,9

Степень влияния избыточного давления во фронте ударной волны и импульса волны давления на людей и здания представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Детерминированные критерии поражения людей и зданий избыточным давлением при сгорании СУГ

Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Импульс волны давления, Па·с
Полное разрушение зданий	100	597
50 %-ное разрушение зданий	53	423
Средние повреждения зданий	28	290
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12	156
Нижний порог повреждения человека волной давления	4,6	82
Малые повреждения (разбита часть остекления)	2,8	45

Согласно приведенным расчетам (таблица 1), а также критерии поражения людей и зданий избыточным давлением при сгорании СУГ (таблица 2) установлено, что безопасное расстояние при избыточном давлении во фронте ударной волны составит 410 м. (рисунок 4), а при импульсе волны давления от расстояния до центра взрыва 550 м. (рисунок 5).

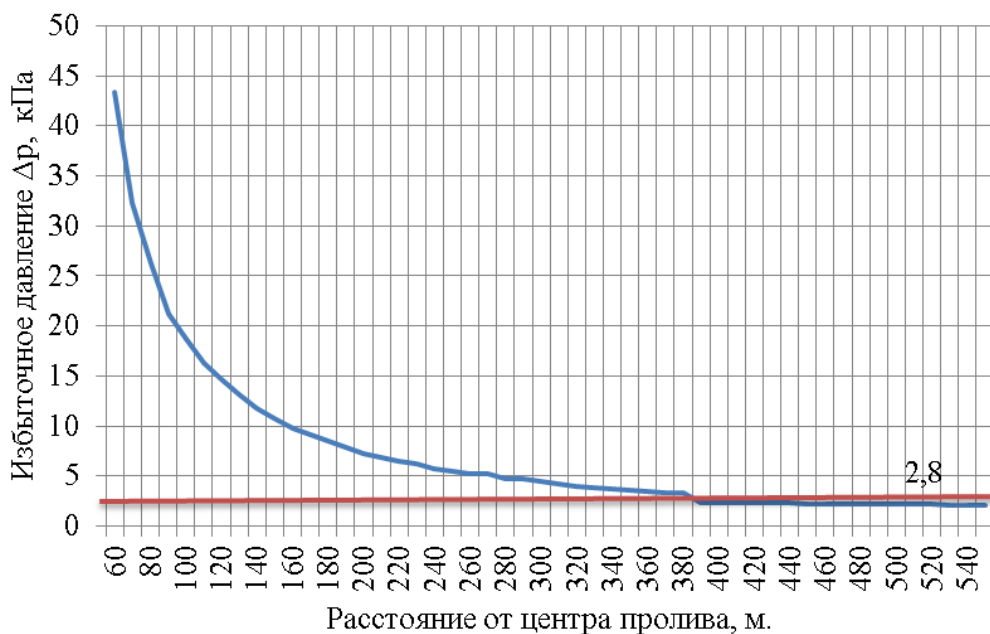


Рисунок 4 – Эпюра избыточного давления Δp , кПа

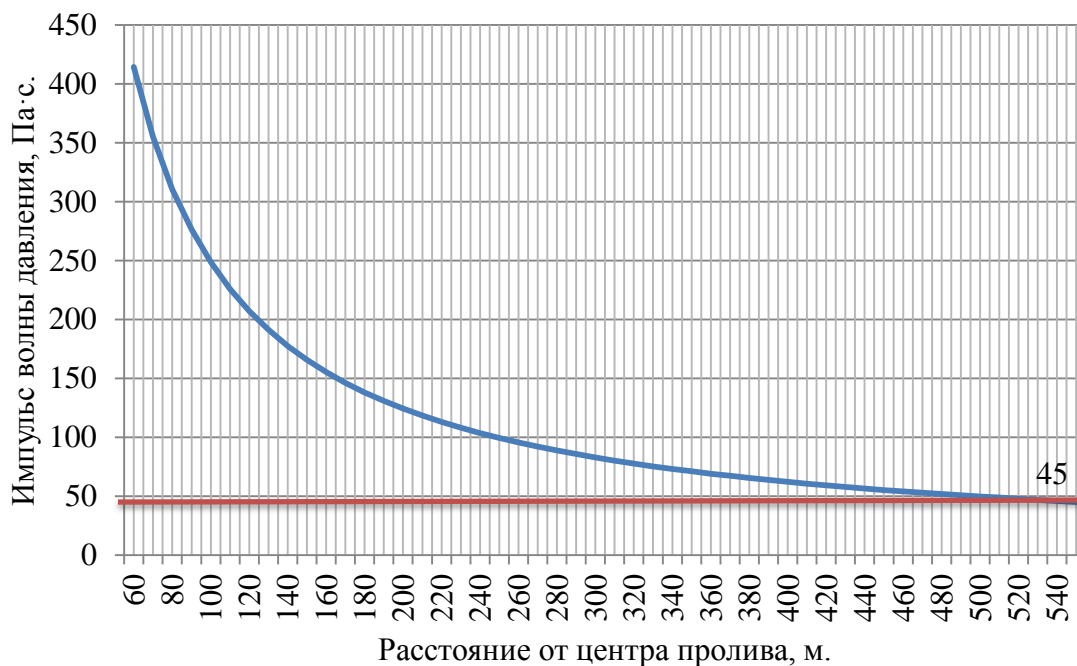


Рисунок 5 – Эпюра импульса волны давления, Па·с.

Зависимость величины теплового излучения «огневого шара» от расстояния до его центра представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Зависимость величины теплового потока от расстояния до его центра

Расстояние до центра огневого шара, м	Тепловой поток, q , кВт/м ²	Доза теплового излучения, Дж/м ²
60	51,1	$5,3 \cdot 10^5$
70	41,9	$4,3 \cdot 10^5$
80	32,8	$3,4 \cdot 10^5$
90	28,1	$2,9 \cdot 10^5$
100	22,4	$2,3 \cdot 10^5$
110	18,4	$1,9 \cdot 10^5$
120	15,2	$1,6 \cdot 10^5$
130	12,1	$1,3 \cdot 10^5$
140	10,5	$1,09 \cdot 10^5$
150	8,7	$0,9 \cdot 10^5$
160	7,4	$0,77 \cdot 10^5$
170	6,5	$0,68 \cdot 10^5$
180	5,7	$0,59 \cdot 10^5$
190	4,4	$0,46 \cdot 10^5$
200	4,0	$0,42 \cdot 10^5$
210	3,9	$0,41 \cdot 10^5$
220	3,2	$0,33 \cdot 10^5$
230	2,7	$0,28 \cdot 10^5$
240	2,3	$0,24 \cdot 10^5$
250	1,9	$0,20 \cdot 10^5$
260	1,8	$0,19 \cdot 10^5$
270	1,6	$0,17 \cdot 10^5$
280	1,5	$0,16 \cdot 10^5$
290	1,3	$0,12 \cdot 10^5$

За время существования огневого шара (10,4 сек.) люди получают ожоги различной степени тяжести, представлено в таблице 4.

Таблица 4 - Предельно допустимая интенсивность теплового излучения пожаров

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение неограниченного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 с	7,0
Ожог 1 степени через 15-20 с	
Ожог 2 степени через 30-40 с	
Непереносимая боль через 3-5 с	10,5
Ожог 1 степени через 6-8 с	
Ожог 2 степени через 12-16 с	
Мгновенные болевые ощущения через 4 с	20,0
Летальный исход с вероятностью 50% при длительности воздействия около 10 с	44,5

Согласно приведенным расчетам (таблица 3), а также времени существования огневого шара (10,4 сек.) и предельно допустимой интенсивности теплового излучения (таблица 4) установлено, что безопасное расстояние величины теплового излучения «огневого шара» составит 290 м. (рисунок 6).

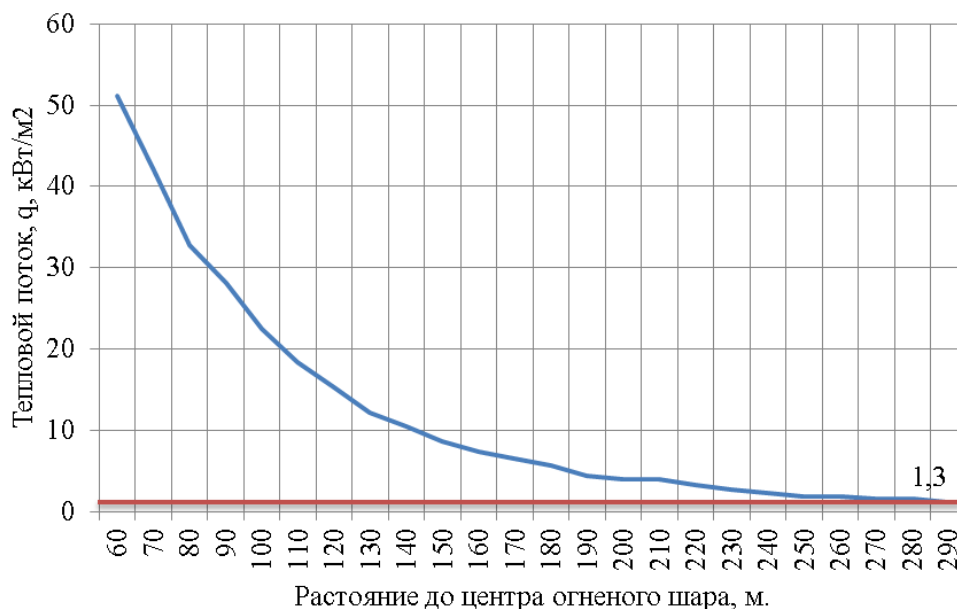


Рисунок 6 – Эпюра теплового излучения огневого шара, кВт/м²

Воздействие теплового излучения вызывает у человека ожоги различной степени тяжести. Уровень воздействия теплового излучения зависит от расстояния, на котором происходит воздействие поражающего фактора теплового излучения пламени на объект и определяется в зависимости от критических величин интенсивности теплового излучения.

Зависимость величины теплового излучения пожара пролива от расстояния до его центра представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Зависимость величины теплового потока от расстояния

Расстояние до центра огневого шара, м	Тепловой поток, q, кВт/м ²
60	24,9
70	20,8
80	18,0
90	15,9
100	14,2
110	11,9
120	10,6
130	10,2
140	9,0
150	7,9
160	7,4
170	6,4

продолжение таблицы 5

180	6,2
190	5,5
200	5,3
210	5,0
220	4,9
230	4,7
240	4,5
250	4,3
260	4,1
270	4,0
280	3,9
290	3,8
300	3,6
310	3,4
320	3,3
330	3,1
340	2,7
350	2,5
360	2,3
370	2,1
380	1,9
390	1,7
400	1,5
410	1,3

Согласно приведенным расчетам (таблица 5), а также предельно допустимой интенсивности теплового излучения (таблица 4) установлено, что безопасное расстояние величины теплового излучения пожара пролива составит 410 м. (рисунок 7).

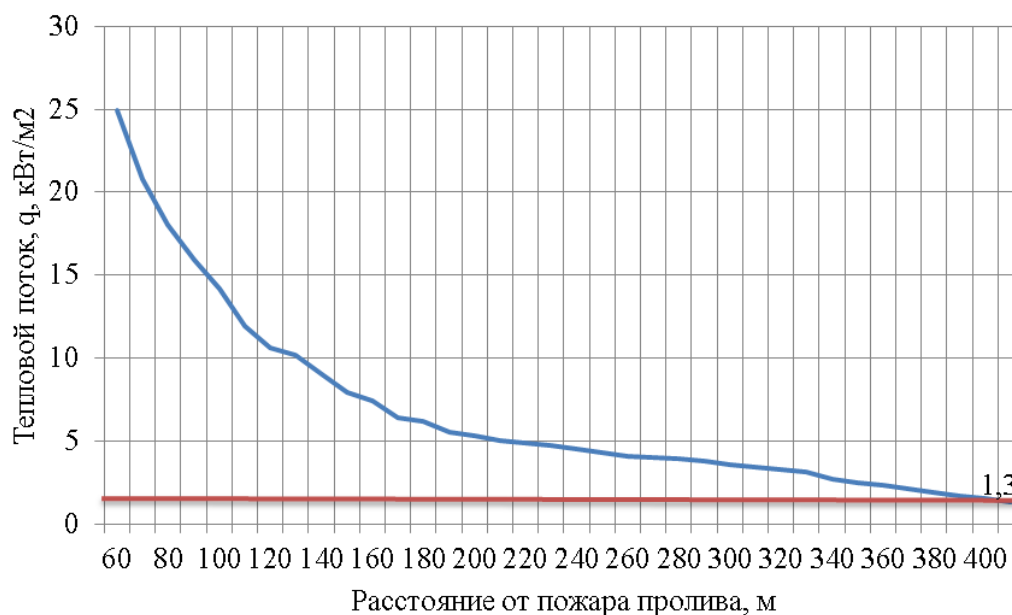


Рисунок 7 – Эпюра интенсивности теплового излучения при пожаре пролива, кВт/м²

Из результатов многовариантных расчетов избыточного давления во фронте ударной волны, импульса волны давления, теплового излучения «огневого шара» и интенсивности теплового излучения при разгерметизации одностенной емкости с СУГ установлено, что минимально безопасным для людей и зданий будет расстояние равное 550 м. от зеркала разлива.

Такие же расчеты проведены для емкостей объемом 3, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 25 и 30 м³, по которым определены минимальные безопасные расстояния для людей и зданий (таблица 6).

Таблица 6 – Минимально безопасные расстояния для людей и зданий в зависимости от объема емкости, м³

Объем емкости, м ³	Безопасное расстояние, м
до 3	160
до 5	230
до 8	310
до 10	360
до 12	400
до 15	460
до 18	520
до 20	550
до 25	650
до 30	730

Безопасные расстояния для различных объемов емкости определены без учета возможного дрейфа газозвушной смеси (ГВС).

Анализ научных литературных источников показывает, что дрейф облака ГВС (расстояние от места аварии до точки взрыва) может достигать более 1 тыс. м. (рисунке 8).

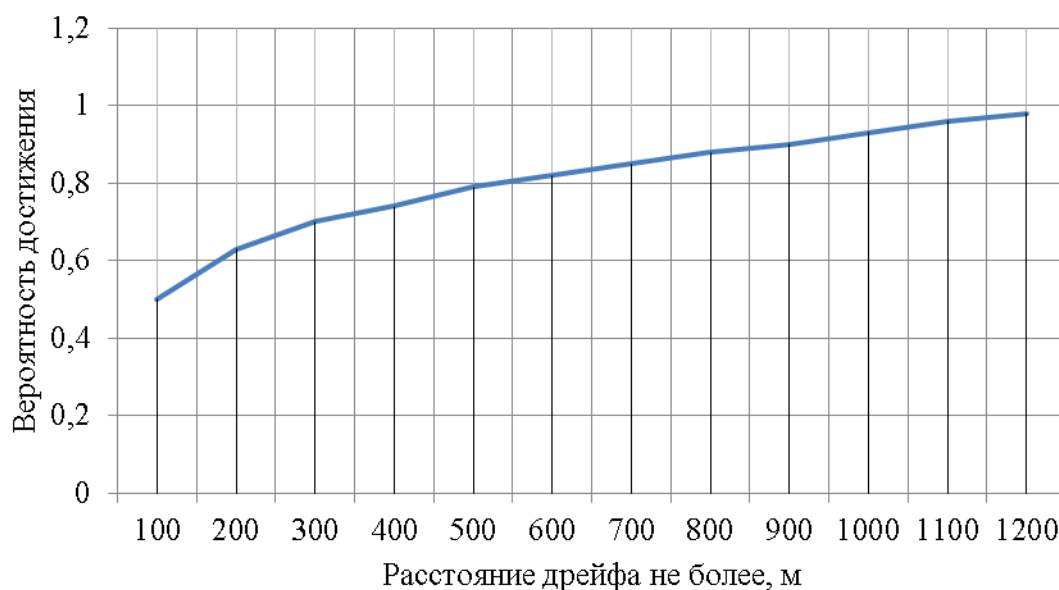


Рисунок 8 – График функции распределения дрейфа облака ГВС

Расстояние дрейфа облака ГВС зависит от метеорологических параметров (*атмосферного давления, скорости ветра, температуры воздуха, влажности*), рельефа местности, плотности застройки и т.д. [5]. В этой связи, определение расстояния дрейфа облака ГВС необходимо производить при проектировании индивидуально каждой АГЗС.

Вывод:

1. Проведенные расчеты показали, что минимальные безопасные расстояния для людей и зданий находятся в диапазоне от 160 до 730 м. в зависимости от объема емкости АГЗС. С учетом дрейфа облака ГВС данное расстояние может быть увеличено на 1,2 тыс. м. (таблица 7).

Таблица 7 – Минимально безопасные расстояния для людей и зданий в зависимости от объема емкости АГЗС с учетом возможного дрейфа облака ГВС

Объем емкости, м ³	Безопасное расстояние, м
до 3	1360
до 5	1430
до 8	1510
до 10	1560
до 12	1600
до 15	1660
до 18	1720
до 20	1750
до 25	1850
до 30	1930

2. Принимая во внимание большие безопасные расстояния для емкостей СУГ, предлагается использовать подземные или двустенные резервуары. Минимальным безопасным расстоянием для людей и зданий, при использовании подземных и двустенных резервуаров СУГ будет 160 м., независимо от объема емкости [6].

Список литературы

1. СН РК 4.03-20-2012 «Автомобильная заправочная станция – автомобильная газозаправочная станция. Нормы проектирования» [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38186737#pos=3;-116 (дата обращения 24.10.2020).
2. Корольченко А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст]: Справочник: в 2-х ч. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко – М.: ас. «Пожнаука» – 2004. – Ч. I- 713 с.; Ч. II - 774 с.
3. Котов Д. В., Уразметова Л. Р. Современное состояние, перспективы и проблемы развития рынка газомоторного топлива в России [Текст] / Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2014. - №1. - С. 377-396.
4. СТ РК 3019-2017 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Метод определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36410482 (дата обращения 24.10.2020).

5. Определение величин пожарного риска на производственных объектах хранения сжиженного углеводородного газа [Текст]: учебное пособие / С. А. Шевцов, Д. В. Каргашилов, Л. П. Вогман. — Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – 89 с.

6. Захаров И.А., Аманкешулы Д., Шахуов Т.Ж. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования экстренных и аварийно-спасательных служб города // Вестник Кокшетауского технического института. – 2020. – № 1 (37). – С. 70-77.

References

1. SN RK 4.03-20-2012 "Automobile gas station – automobile gas station. Design standards" [Electronic resource] // Information portal PARAGRAPH. Mode of access: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38186737#pos=3-116 (accessed 24.10.2020) [in Russian].

2. Korolchenko A.Ya. (2004) Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their extinguishing: Handbook: in 2 hours / A. Ya. Korolchenko, DA Korolchenko - M. : ass. "Pozhnauka". - Part I - 713 p. ; Part II - 774 p [in Russian].

3. Kotov D.V., Urazmetova L.R. (2014) Current state, prospects and problems of development of the gas engine fuel market in Russia / oil and Gas business: electronic scientific journal. no. 1. P. 377-396 [in Russian].

4. ST RK 3019-2017 "fire Safety. Fire risk assessment. Method for determining the calculated values of fire risk at production facilities" [Electronic resource] // Information portal PARAGRAPH. Mode of access: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36410482 (accessed 24.10.2020) [in Russian].

5. S.A. Shevtsov, D.V. Kargashilov, L.P. Vogman. (2018) .Determination of fire risk values at production facilities for storage of liquefied petroleum gas [Text]: textbook / - Voronezh: publishing and printing center "Scientific book". - 89 p [in Russian].

6. Zaharov I.A., Amankeshuly D., SHahuov T.ZH. Problemno-orientirovannyye imitacionnyye sistemy dlya avtomatizirovannogo proektirovaniya ekstremnyh i avarijno-spasatel'nyh sluzhb goroda // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo institute. – 2020. – № 1 (37). – S. 70-77.

А. Б. Құсайынов¹, Ж. О. Тілеуова², Қ. А. Нарбаев¹

¹*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан*

²*А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан*

АВТОМОБИЛЬГЕ ГАЗ ҚҰЮ СТАНЦИЯЛАРЫ ҮШІН ҚАУІПСІЗ ҚАШЫҚТЫҚТЫ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мақалада автомобильге газ құю станцияларының қауіптілігіне және оларды жобалаудың қолданыстағы нормаларына талдау жүргізілді. Соққы толқынының, қысым толқынының импульсінің, "от шарының" жылу сәулеленуінің және сұйытылған көміртегі газы бар бір қабырғалы сыйымдылықтың депрессиясы кезіндегі жылу сәулесінің қарқындылығының алдыңғы жағындағы артық қысымның көп вариантты есебі жүргізілді. Автомобильге газ құю станцияларын жобалаудың қолданыстағы нормалары оларда Төтенше жағдайлар туындаған кезде халықтың және аумақтың қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі талаптарға жауап бермейтіні анықталды.

Түйінді сөздер: автомобильге газ құю станциялары, сұйытылған көміртегі газы, жылу сәулесінің қарқындылығы, соққы толқыны, қысым толқынының импульсі.

A. B. Kussainov¹, Zh. O. Tleuova², K. A. Narbayev

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*

²*A. Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

DETERMINATION OF THE SAFETY DISTANCES FOR VEHICLE GAS FILLING STATIONS

Abstract. The article analyzes the danger of automobile gas filling stations and the existing standards for their design. A multivariate calculation of the excess pressure in the shock wave front, the pressure wave pulse, the heat radiation of the "fireball" and the heat radiation intensity during depressurization of a single-wall container with liquefied carbon gas is performed. It is established that the existing design standards for automobile gas filling stations do not meet the requirements for ensuring the safety of the population and territory in case of emergency situations on them.

Keywords: automobile gas filling stations, liquefied carbon gas, heat radiation intensity, shock wave, pressure wave pulse.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Арман Болатұлы Құсайынов – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясың, төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының бастығы. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Жұлдыз Өмірбекқызы Тлеуова – ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, «Экология, қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті. E-mail: lady.zhulduz@bk.ru

Қалижан Әнуарбекұлы Нарбаев – PhD, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының әлеуметтік-гуманитарлық пәндер, тілдер және психологиялық дайындық кафедрасының аға оқытушысы

Кусаинов Арман Булатович – кандидат технических наук, начальник кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана-серэ, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Тлеуова Жұлдуз Омербековна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры «Экологии, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды». Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова; e-mail: lady.zhulduz@bk.ru

Нарбаев Калижан Ануарбекович – PhD, ассоциированный профессор, старший преподаватель кафедры социально-гуманитарных дисциплин, языковой и психологической подготовки Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана-серэ, 136

Arman Kusainov – candidate of Technical Sciences, head of the Department Protection in Emergency Situations of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana-Seri Street. E-mail: arman_1703@mail.ru

Zhulduz Tleuova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Life Safety and Environmental Protection. Abai Myrzakhmetov Kokshetau University; e-mail: lady.zhulduz@bk.ru

Kalizhan Narbayev – PhD, associate Professor, senior lecturer of the Department of Social and Humanitarian Disciplines, Language and Psychological Training of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana-Sere street