

УДК 665.6:614.84

**АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ ПРИ «БОЛЬШИХ ДЫХАНИЯХ»****Елизарьев А.Н., Гапонов В.М., Юсупов Т.Р., Тараканов Д.А., Тараканов Дм.А.***ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,  
Уфа, e-mail: vitalikgapon@mail.ru*

Использование устаревших технологий хранения нефтепродуктов несет потенциальную опасность для населения и территории, особенно в условиях ЧС. При эксплуатации объектов хранения вследствие больших и малых дыханий в атмосферу могут выделяться токсичные и легковоспламеняющиеся вещества, что приводит к риску возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций. В этой связи особую актуальность приобретает исследование существующих методических подходов к оценке пожарной опасности объектов хранения нефтепродуктов для населения и территории при «больших дыханиях», а также количественная и качественная оценка возможности образования пожара и/или взрыва. В данной статье рассмотрены качественные и количественные потери, определяющие угрозу возникновения пожарной и пожаровзрывоопасной ситуации при наличии источника зажигания; метод построения «дерева событий» на основе стандарта ГОСТ 54145-2010, который с учетом вероятности может дать количественную оценку возможности пожара и/или взрыва. А также рассмотрены четыре методики количественной оценки объемов выдоха больших дыханий. При анализе выявлен ряд особенностей учета входных параметров, влияющих на величину большого дыхания. Проведен сравнительный анализ результатов расчетов по выбранным методическим подходам, с помощью которых выявляется предварительная оценка величины «больших дыханий», которая может служить основой защитных мероприятий. Также проведен анализ влияния входных данных на результаты расчетов в программе «TANKS Emissions Estimation Software». Исходя из результатов сравнительного анализа выделили более точные методики, что позволяет повысить эффективность планирования превентивных мероприятий с точки зрения обеспечения промышленной и пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** большие дыхания, нефтепродукты, пожаровзрывоопасные ситуации, сравнительный анализ, резервуарные парки, качественная и количественная оценка

**ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO FIRE HAZARD ASSESSMENT FOR RESERVOIR PARKS WITH STRONG BREATHING****Elizarev A.N., Gaponov V.M., Yusupov T.R., Tarakanov D.A., Tarakanov Dm.A.***Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: vitalikgapon@mail.ru*

The use of obsolete oil storage technologies poses a potential danger for the population and the territory, especially in conditions of emergencies. When operating objects of storage due to strong and weak breathings, toxic and flammable substances can be released into the atmosphere, which leads to a risk of fire and explosion hazard situations. In this connection, the study of existing methodological approaches to assessing the fire hazard of oil products storage facilities for the population and territory with «strong breathing», as well as a quantitative and qualitative assessment of the possibility of the formation of a fire and / or explosion, becomes especially urgent. In this article, we consider the qualitative and quantitative losses that determine the threat of fire, and fire and explosion hazard situations in the presence of an ignition source; method of constructing an «event tree» based on the GOST 54145-2010 standard, which, given the probability, can give a quantitative estimate of the possibility of a fire and / or explosion. Four methods for quantifying the volume of expiration of strong breathing were also examined. The analysis revealed a number of peculiarities of accounting for input parameters that affect the magnitude of strong breathing. A comparative analysis of the results of calculations based on the selected methodological approaches, with the help of which preliminary estimation of the magnitude of «strong breathing», which can serve as the basis for protective measures, is revealed. The analysis of the influence of input data on the results of calculations in the program «TANKS Emissions Estimation Software» was also conducted. Based on the results of the comparative analysis, more precise methods have been identified, which makes it possible to increase the effectiveness of planning preventive measures in terms of ensuring industrial and fire safety.

**Keywords:** strong breathing, oil products, fire and explosion hazards, comparative analysis, reservoir parks, qualitative and quantitative assessment

Использование устаревших технологий хранения нефтепродуктов несет потенциальную опасность для населения и территории, особенно в условиях ЧС. При эксплуатации объектов хранения вследствие больших и малых дыханий в атмосферу могут выделяться токсичные и легко воспламеняющиеся вещества, что приводит к загрязнению окружающей среды углеводородами и их соединениями, а также несет

риск возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций [1].

В этой связи особую актуальность приобретает исследование существующих методических подходов к оценке пожарной опасности объектов хранения нефтепродуктов для населения и территории при «больших дыханиях», а также количественная и качественная оценка возможности образования пожара и/или взрыва.

Основная доля потерь (табл. 1) от испарения на протяжении всего пути нефтепродуктов от заводов до потребителей, на самих заводах и движения нефти от промысла до нефтеперерабатывающих заводов приходится на резервуары (0,02 – при транспорте и хранении на нефтебазах и нефтепродуктопроводах нефти и нефтепродуктов; 0,035 – на нефтеперерабатывающих заводах; 0,04 – безвозвратные потери на нефтепромыслах).

**Таблица 1**  
Потери нефтепродуктов и нефти [2]

Источники потерь	Потери, %
В резервуарах	64,8
В том числе:	
От «больших дыханий»	54,0
От выдуваний	4,6
От газового сифона	0,9
При зачистке	5,3
В насосных станциях	2,3
С канализационными стоками	7,5
В линейной части	23,5
В том числе:	
От утечек	22,3
От аварий	1,2
При наливке железнодорожных цистерн	1,84

Сокращение нормативных и сверхнормативных потерь остается одной из постоянных проблем в области транспорта и хранения нефти. В данном направлении была проделана существенная работа, но размеры потерь достаточно велики. Сложный путь транспортировки и хранения, перевалки и распределения проходят нефть и нефтепродукты. Ориентировочно можно считать, что нефтепродукты подвергаются более чем двадцати перевалкам до непосредственного применения (0,75 – потери от испарения; 0,25 – потери от аварий и утечек) [2].

На резервуарные парки приходилось до 0,7 потерь в системе Госкомнефтепродукта в начале 1970-х гг., причем от испарения при «больших» и «малых» дыханиях около 0,65.

При наливке нефти и нефтепродуктов в цистерны в Великобритании потери от испарения оцениваются в размере 0,4/0,6% и достигают 120000 т в год. Существуют установки регенерации паров, но путем охлаждения, адсорбции либо конденсации они малоэффективны. Создаются наиболее совершенные, новые методы с применением фильтрования через углеродную насадку. Американские подобные установки уже позволяют регенерировать до 0,95, однако

результативны только лишь при высокой оборачиваемости резервуаров и концентрации углеводородов в паровоздушной смеси более 0,35 [2].

Различные мероприятия, проведенные для снижения потерь, дают положительный эффект. Но по официальным данным заметно, что они еще достаточно велики. Таким образом, только за один месяц естественная убыль нефти составила из отчета Сургутского РНПУ 3370 т [2].

Качественные и количественные потери имеют не только экономическую оценку, но и определяют потенциальную угрозу возникновения пожарной и пожаровзрывоопасной ситуации при наличии источника зажигания.

Для тушения пожаров и устранения аварий на объектах хранения нефти и нефтепродуктов требуется привлечение большого количества сил и средств, так как такие ЧС характеризуются затяжным характером и обширной площадью развития горения. От нескольких часов до нескольких суток может потребоваться для полной ликвидации горения. Подобные пожары в определенных случаях могут привести к человеческим жертвам. Установлено, что горение нефтепродуктов, хранящихся в резервуаре, может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1–2 диаметра горящего резервуара. При пожарах на таких объектах горение сопровождается выбросами горячей жидкости и взрывами, а также может распространяться с очень большой скоростью. Основными непосредственными (техническими) причинами пожаров [3] являются: воспламенение смеси паров нефтепродукта с воздухом от источников зажигания различной природы (0,76), ремонтные работы (резка металла, очистные, сварочные работы и др.) (0,14). В то же время согласно сведениям СЭУ ФПС ИПЛ [3] основными источниками зажигания являются: разряд статического электричества (0,151), фрикционные искры (0,145), нагретые до высоких температур детали оборудования, узлы и поверхности (0,128), пирофорные отложения (0,128), электрические искры (0,108), при проведении сварочных работ раскаленные частицы металла (искры) (0,099), тепловые проявления аварийного режима работы электрооборудования (0,085), открытое пламя (0,085).

Одним из инструментов количественного анализа возможного развития ЧС является на основе стандарта ГОСТ 54145-2010 метод

построения «дерева событий», который с учетом вероятности может дать количественную оценку возможности пожара и/или взрыва [4].

На рис. 1 приведен пример локальной разгерметизации резервуара с бензином в виде дерева событий [5].

Из рис. 1 видно, что качественную и количественную оценку степени опасности ЧС в полной мере провести невозможно, так как в дереве событий не анализируются процессы взаимодействия разлива нефтепродуктов с окружающей средой, которые определяются множеством неучтенных факторов. Наличие и статистика зажигания определяется на основе статистических данных с учетом вероятностной природы.

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что на сегодняшний день отсутствует единая методологическая база по количественной оценке объемов больших дыханий, которые несут угрозу возникновения пожаров при наличии источника зажигания.

Среди наиболее используемых можно выделить четыре методики количественной оценки объемов выдоха больших дыханий [6...10]. При анализе данных методических подходов выявлен ряд особенностей учета входных параметров, влияющих на величину большого дыхания. Результаты анализа учитываемых параметров в виде входных данных (исходных данных) представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что методика [6] учитывает изменение величины выброса в за-

висимости от марки бензина, что обуславливается различием давлений насыщенных паров различных марок. Также данная методика учитывает зависимость объемов выброса от времени года, в соответствии со среднемесячной температурой воздуха, определяющей температуру нефтепродуктов. В то же время методика не учитывает данные особенности наливных операций, а учет влияния температуры окружающей среды используется только при расчете плотности нефтепродуктов, что определенно влияет на результат расчетов. Полученный результат не противоречит аналогичным исследованиям больших дыханий на резервуарах АЗС [12], а при учете степени износа резервуаров с помощью различных подходов – позволит оценить потенциальные экологические и пожарные риски.

Методика [7] также учитывает 7 из 12 возможных входных параметров, однако данная методика учитывает изменение давления, температуры, концентрации паров нефтепродуктов при изменении объема газового пространства резервуара.

Методика [8] не учитывает объем газового пространства резервуара, плотность паров нефтепродуктов, а также интенсивность испарения, что приводит к снижению точности результатов расчета.

В методике [9] не отражается зависимость объемов выбросов от марки бензина, а также данная методика не учитывает динамику слива/налива топлива, что приводит к искажениям результатов при расчете.

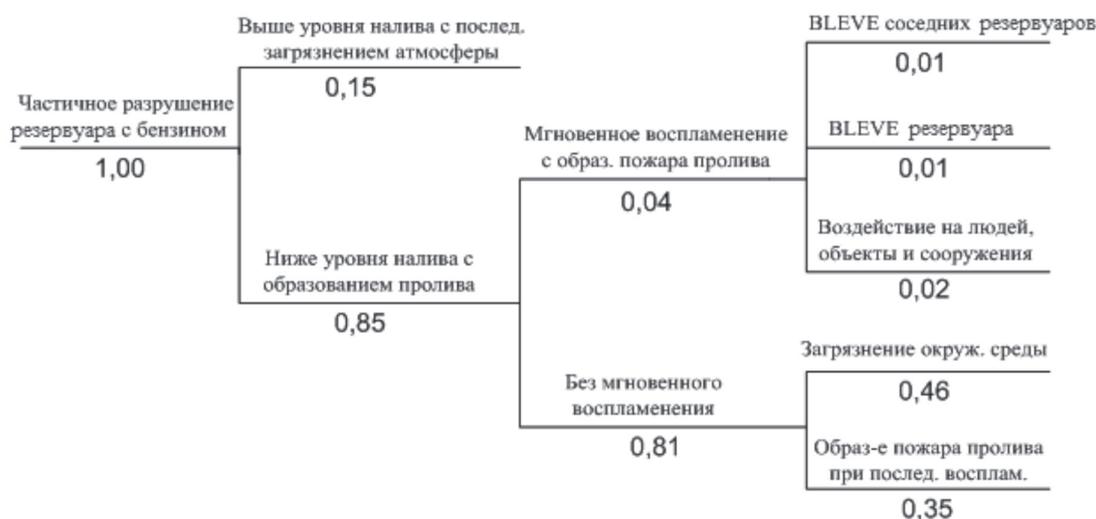


Рис. 1. Локальная разгерметизация резервуара с бензином – пример дерева событий

Таблица 2

Результаты анализа входных данных [11]

Входные данные (исходные данные)		Методика				
		[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1	Объем закачиваемого нефтепродукта (н/пр), м <sup>3</sup>	+	–	+	+	+
2	Время налива, мин	–	–	+	–	–
3	Концентрация паров н/пр в выбросах, об. %, г/м <sup>3</sup>	+	+	+	+	+
4	Плотность жидкой фазы н/пр, кг/м <sup>3</sup>	–	–	+	–	+
5	Плотность паров н/пр, кг/м <sup>3</sup>	+	+	–	+	+
6	Объем газового пространства, м <sup>3</sup>	+	+	–	+	+
7	Ср. температура н/пр, °С, К	+	+	–	+	+
8	Атмосферное давление, Па	+	+	–	–	+
9	Парциальное давление паровоздушной смеси, Па	+	+	–	–	+
10	Ср. мес. температура газового пространства внутри резервуара, °С, К	–	+	–	–	+
11	Характеристики дыхательного клапана	+	–	–	–	+
12	Характеристика окраски резервуара	–	–	–	–	+
Количество учитываемых входных параметров		8	7	4	5	11

Методика [10] учитывает 11 из 12 возможных входных параметров, что является наибольшим числом среди рассмотренных методик.

Для сравнительного анализа результатов расчетов по выбранным методическим подходам использованы единые исходные данные. По результатам расчетов получены следующие величины (табл. 3).

Таблица 3  
Результаты расчетов по методикам [6...10]

Методика	Результат расчета, кг	Δ, %
[6]	16 886,80	+36,50 %
[7]	10 607,00	–14,25 %
[8]	8 428,00	–31,87 %
[9]	8 222,18	–33,50 %
[10]	12 370,56	–

Учитывая оперативность расчета по методике [10], а также то, что в ней учитывается наибольшее количество входных параметров – расчеты по ней взяты за основу. Из табл. 2 видно, что результаты расчетов объема большого дыхания могут отличаться от эталонного как в большую (методика [6]), так и в меньшую (методики [7...9]) сторону (рис. 2). Так, предварительная оценка величины «больших дыханий» может служить основой защитных мероприятий.

При анализе влияния входных данных на результаты расчетов в программе «TANKS Emissions Estimation Software» [10], выявлено, что наиболее целесообразно использовать белый цвет для окраски резер-

вуара, а использование понтона приводит к снижению потерь нефти от большого дыхания на 73 %, что может положительно отразиться на состоянии окружающей среды, а с экономической точки зрения приведет к уменьшению потерь дорогостоящих легких фракций.

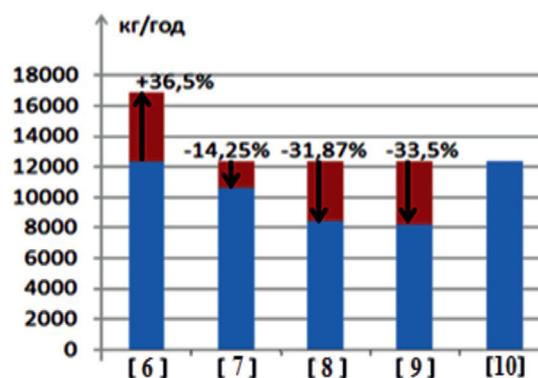


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов расчетов по методикам [6...10]

По результатам анализа видно, что для определения величины выбросов паров нефти и нефтепродуктов при большом дыхании целесообразнее использовать методики [6, 7, 10], так как в них учитывается наибольшее число входных параметров, что существенно повышает их точность. Учитывая, что пары нефти и нефтепродуктов обладают способностью взрываться и гореть, точность расчета позволит повысить эффективность планирования пре-

вентивных мероприятий с точки зрения обеспечения промышленной и пожарной безопасности.

### Список литературы

1. Развитие методических основ оценки риска ЧС в резервуарных парках с использованием методов системного анализа / С.Г. Аксенов [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2. – С. 131–136.
2. Потери нефти и нефтепродуктов при эксплуатации резервуарных парков. URL: <https://gazovikneft.ru/articles/poteri> (дата обращения: 12.05.2018).
3. Анализ практики экспертного исследования пожара на объектах хранения нефти и нефтепродуктов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-praktiki-ekspertnogo-issledovaniya-pozharov-na-obektah-hraneniya-nefti-i-nefteproduktov> (дата обращения: 21.05.2018).
4. ГОСТ 54145-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология». URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54145-2010/> (дата обращения: 24.05.2018).
5. Елизарьев А.Н. Прогнозирование разливов нефтепродуктов при железнодорожных авариях / А.Н. Елизарьев, Т.Р. Юсупов, Е.Н. Елизарьева // Бюллетень результатов научных исследований. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2016. – № 3–4. – С. 28–35.
6. Тугунов П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов: учеб. пособие для вузов / П.И. Тугунов, В.Ф. Новоселов, А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 685 с.
7. РД 153-39-019-97. Методические указания по определению технологических потерь нефти на предприятиях нефтяных компаний РФ. URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293854/4293854457.pdf/> (дата обращения: 25.05.2018).
8. Методика по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров: Госкомэкология России от 01.01.1998. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003683/> (дата обращения: 25.05.2018).
9. Бунчук В.А. Технология химии нефти и газа / В.А. Бунчук. – М.: Недра, 1977. – 220 с.
10. United States Environmental Protection Agency // TANKS Emissions Estimation Software [Программное обеспечение], URL: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/> (дата обращения: 15.05.2018).
11. Елизарьева Е.Н. Сравнительный анализ методических подходов оценки загрязнения атмосферы в результате «больших дыханий» / Е.Н. Елизарьева, В.В. Акшенцев, Т.Р. Юсупов // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2016): материалы V Юбилейной Международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 26–28 октября 2016 г.). – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – С. 70–75.
12. Красногорская Н.Н. Повышение уровня экологической безопасности функционирования объектов автотран-

спортной инфраструктуры / Н.Н. Красногорская, А.Н. Елизарьев, Р.Г. Ахтямов. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2011. – 186 с.

### References

1. Razvitie metodicheskix osnov ocenki riska ChS v rezervuarny'x parkax s ispol'zovaniem metodov sistemnogo analiza / S.G. Aksenov [i dr.] // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 2. – pp. 131–136.
2. Poteri nefiti i nefteproduktov pri e'kspluatcii rezervuarny'x parkov. URL: <https://gazovikneft.ru/articles/poteri> (data obrashheniya: 12.05.2018).
3. Analiz praktiki e'kspertnogo issledovaniya pozharov na ob'ektax hraneniya nefiti i nefteproduktov. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-praktiki-ekspertnogo-issledovaniya-pozharov-na-obektah-hraneniya-nefti-i-nefteproduktov> (data obrashheniya: 21.05.2018).
4. GOST 54145-2010 «Menedzhment riskov. Rukovodstvo po primeneniyu organizacionny'x mer bezopasnosti i ocenki riskov. Obshhaya metodologiya». URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54145-2010/> (data obrashheniya: 24.05.2018).
5. Elizar'ev A.N. Prognozirovaniye razlivov nefteproduktov pri zheleznodorozhny'x avariayah / A.N. Elizar'ev, T.R. Yusupov, E.N. Elizar'eva // Byulleten' rezul'tatov nauchny'x issledovaniy. – SPb.: Peterburgskij gosudarstvenny'j universitet putej soobshheniya Imperatora Aleksandra I, 2016. – № 3–4. – pp. 28–35.
6. Tugunov P.I. Tipovy'e raschety' pri proektirovani i e'kspluatcii neftebaz i nefteprovodov: ucheb. posobie dlya vuzov / P.I. Tugunov, V.F. Novoselov, A.A. Korshak, A.M. Shammazov. – Ufa: DizajnPoligrafServis, 2006. – 685 p.
7. RD 153-39-019-97. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu texnologicheskix poter' nefiti na predpriyatiyax neftyany'x kompanij RF. URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293854/4293854457.pdf/> (data obrashheniya: 25.05.2018).
8. Metodika po opredeleniyu vy'brosov zagryaznyayushhix veshhestv v atmosferu iz rezervuarov: Goskome'kologiya Rossii ot 01.01.1998. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003683/> (data obrashheniya: 25.05.2018).
9. Bunchuk V.A. Texnologiya ximii nefiti i gaza / V.A. Bunchuk. – M.: Nedra, 1977. – 220 s.
10. United States Environmental Protection Agency // TANKS Emissions Estimation Software [Programmnoe obespechenie], URL: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/> (data obrashheniya: 15.05.2018).
11. Elizar'eva E.N. Sravnitel'ny'j analiz metodicheskix podxodov ocenki zagryazneniya atmosfery' v rezul'tate «bol'shix dy'xaniy» / E.N. Elizar'eva, V.V. Akshencev, T.R. Yusupov // Texnosfernaya i e'kologicheskaya bezopasnost' na transporte (TE'BTRANS-2016): materialy' V Yubilejnoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Sankt-Peterburg, 26–28 oktyabrya 2016 g.). – SPb.: FGBOU VO PGUPS, 2016. – pp. 70–75.
12. Krasnogorskaya N.N. Povy'sheniye urovnya e'kologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya ob'ektov avtotransportnoj infrastruktury' / N.N. Krasnogorskaya, A.N. Elizar'ev, R.G. Axyamov. – SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2011. – 186 p.