

Прогноз флегматизирующей концентрации по полученным альтернативным формулам (4), (6) и (11) дает близкий результат относительно прогноза по известной формуле (12).

#### Список литературы

1. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М: Издательство стандартов. – 1989. – 100 с.
2. Откідач Д.М. Флегматизація горючих газових середовищ / Д.М.Откідач, Ю.В.Цапко, К.І.Соколенко. – К: Пожінформ техніка. – 2005. – 196 с.

*Н.Н. Удянский - канд.техн.наук, доцент, начальник факультета ПБ*

*С.В.Гарбуз - адъюнкт*

*Национальный университет гражданской защиты Украины, г.Харьков*

### **ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ДЫХАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Серьезную экологическую и пожарную опасность представляют выбросы паров нефтепродуктов из дыхательных систем резервуаров нефтебаз, которые классифицируют как «малые» и «большие» дыхания.

«Малые дыхания» резервуаров происходят вследствие изменения температуры в газовом пространстве емкости в течение суток. Днем скорость испарения нефтепродукта с ростом температуры увеличивается, возрастает и давление газовой смеси. При этом механический дыхательный клапан поддерживает избыточное давление в газовом пространстве резервуара не более предельного (2 кПа), открываясь кратковременно для выпуска паровоздушной смеси в атмосферу. Ночью температура снижается, давление в газовой части понижается, образуется разрежение. При достижении вакуума выше предельного (0,2 кПа) дыхательный клапан открывается и впускает воздух в газовое пространство резервуара. Днем газовое пространство насыщается парами нефтепродукта, и описанный процесс повторяется вновь. Легкие нефтепродукты, например бензин, интенсивно испаряются, их пары насыщают газовое пространство резервуара и поступают в атмосферу при срабатывании дыхательного клапана при «малых и больших дыханиях» резервуара.

Основные факторы, влияющие на интенсивность «малых дыханий» – интенсивность испарения и площадь зеркала испарения.

Интенсивность испарения жидкости определяется по формуле [1, 2]:

$$w\dot{E} = 10^{-6}\eta \sqrt{M\rho_n} \quad , \text{ кг/(м}^2\text{с)} \quad (1)$$

где:  $\eta$  – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха [2]. При отсутствии движения воздуха  $\eta = 1$ ;  $M$  – молярная масса вещества (для бензина усредненное содержание углерода и водорода определяется формулой  $C_7H_{13}$ , соответственно  $M=97$  кг/кмоль);  $\rho_n$  – давление насыщения бензина, кПа, является характеристикой бензина, зависящей от температуры хранения, принимается из справочной литературы [3] или вычисляется по уравнению Антуана [4]:

$$P_n = 0,133 \cdot 10^{A - B/(C+t)}, \text{ кПа}, \quad (2)$$

где:  $A, B, C$  - коэффициенты Антуана;  $t$  – температура хранения бензина, °С.

Площадь зеркала испарения вертикальных и горизонтальных заглубленных и полузаглубленных резервуаров на АЗС зависит от их емкости и конструктивных особенностей и составляет от 4 до 10 м<sup>2</sup>.

Интенсивность вытеснения бензиновоздушной смеси (БВС) при «малых дыханиях» на АЗС в летний период, полученная с учетом процессов испарения бензина по формулам (1; 2) и площади зеркала испарения, составляет от 0,1 до 0,15 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>3</sup> объема резервуара.

В целях снижения выбросов паров бензина от «малых дыханий» резервуары размещают в грунте, где суточные колебания температуры, а следовательно, и суточные перепады давления насыщения бензина менее значительны. Для уменьшения площади испарения на АЗС широко применяются вертикальные резервуары.

*«Большие дыхания»* происходят при заполнении опорожненного резервуара, когда весь газовый объем резервуара вытесняется через дыхательный клапан в атмосферу.

Интенсивность вытеснения БВС, в основном, зависит от длительности заправки резервуара, которая определяется производительностью насосов нефтебазы. Длительность заполнения резервуара зависит от его емкости и времени слива бензина. Интенсивность вытеснения БВС при «больших дыханиях» резервуаров емкостью от 10 до 40 м<sup>3</sup> составляет от 15 до 60 м<sup>3</sup>/ч. С учетом большой интенсивности и сравнительно малого времени «большие дыхания» можно рассматривать как залповые выбросы БВС, резко повышающие взрывоопасность резервуара.

Чтобы оценить массу паров бензина при выбросах от «больших дыханий», необходимо знать вытесняемый объем и концентрацию паров бензина в газовом пространстве в момент «большого дыхания». При каждом «большом дыхании» в атмосферу может вытесняться объем бензиновоздушной смеси равный освободившемуся объему резервуара. Остаток бензина в опорожненном резервуаре составляет не менее 20% от полного объема резервуара.

Для прогнозирования концентрации паров бензина в газовой полости резервуара достаточно оценить минимальные и максимальные ее значения. По закону Дальтона общее давление в замкнутом газовом объеме резервуара будет суммироваться из парциального давления воздуха (атмосферное давление 101,3 кПа) и парциального давления паров бензина (давление насыщения). Зная отношение парциального давления паров бензина к общему давлению, можно определить концентрацию паров бензина в БВС в газовой полости резервуара [1]. Данные о давлении насыщения приняты по Н.Б. Варгафтику [3], а также могут быть получены по уравнению Антуана [4].

Концентрация паров бензина в замкнутой (герметичной) газовой полости резервуара повышается за счет упругости паров и при длительном хранении достигает своего наибольшего значения, при этом в газовой полости устанавливается давление равное ( $p_n + p_o$ ). В соответствии с законом Дальтона отношение объемов двух газов (воздуха и паров бензина) будет определяться их парциальными давлениями. Парциальное давление паров бензина при этом равно давлению насыщения, а парциальное давление воздуха – атмосферному давлению воздуха. С учетом изложенного, концентрацию паров бензина в газовом объеме можно определить по формуле:

$$c_n = 100 p_n / (p_n + p_o), \% \text{ об.},$$

где:  $p_n$  – давление состояния насыщения при температуре хранения, кПа;  
 $p_o$  – атмосферное давление воздуха, кПа.

Давление насыщения бензина и концентрация паров бензина в герметичной емкости, полученные для разных температур его хранения, представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Давление (кПа) насыщения бензина и концентрация (% об.) паров бензина в зависимости от температуры хранения бензина, устанавливающиеся в газовой полости абсолютно герметичного резервуара

Температура хранения бензина, $^{\circ}\text{C}$	+30 (лето)	+5 (осень-весна, или при подземном хранении зимой)	-25(при наземном хранении зимой)
Давление насыщения бензина, кПа	16,8	5,3	2
Концентрация паров бензина в газовой полости резервуара, % об.	15	5	2

Максимальные значения концентрации паров бензина в газовой полости резервуара будут значительно выше табличных значений по причине того, что при постоянном испарении бензина в резервуаре будут многочисленны

«малые дыхания» (из дыхательного клапана), при каждом из них будет вытесняться порция более бедной смеси, находящаяся в верхней части газовой полости резервуара. Количество «малых дыханий» летом в дневное время в период между «большими дыханиями» будет измеряться сотнями, а объем каждого выброса будет составлять до 2% объема газовой полости. По данным, приведенным в СНиП 2.04.05–91 (табл. 2), объемная концентрация в БВС может в 2 – 3 раза превышать значения (табл. 1), которые могут установиться в абсолютно герметичном резервуаре.

Таблица 2 - Объемная концентрация паров бензина в БВС в зависимости от среднесезонной температуры наружного воздуха

Наименование параметров	Лето	Весна-осень	Зима
Температура наружного воздуха, °С	30	5	-25
Концентрация паров бензина в БВС, % об.	20-35	5-15	2-12

При опорожнении резервуара в него через клапан поступает атмосферный воздух, который в процессе хранения насыщается парами бензина, и при новом наливе процесс «большого дыхания» повторяется вновь. На крупных нефтебазах с большим грузооборотом каждый резервуар может заполняться и опорожняться до нескольких десятков раз в течение года, и потери от испарения могут стать весьма значительными.

Плотность паров бензина  $\rho_{\Gamma}$  может быть определена из закона Авогадро с учетом поправки на температуру хранения:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{i_{\mu} T_0}{V_{\mu} T}, \text{ кг/м}^3$$

где:  $i_{\mu} = 97$  – молярная среднефракционная масса паров бензина, кг/кмоль;  
 $V_{\mu} = 22,4$  – молярный объем паров бензина, м<sup>3</sup>/кмоль;  $T_0 =$  стандартная температура (273), К;  $T = (273+t)$  – температура хранения бензина, К;  
 $t$  – температура хранения, °С.

При 30°С плотность бензина равна  $\rho_{\Gamma} = \frac{i_{\mu} T_0}{V_{\mu} T} = \frac{97 \cdot 273}{22,4 \cdot 303} = 3,9 \text{ кг/м}^3$

Масса паров бензина в газовом пространстве резервуара  $M_{\Gamma}$  будет пропорциональна объемной концентрации  $C_{\Pi}$ , объему газового пространства  $V_{\Pi}$  и плотности  $\rho_{\Pi}$ , т. е.:

$$M_{\Gamma} = (\rho_{\Pi} \cdot V_{\Pi} \cdot C_{\Pi}) / 100, \text{ кг}$$

где:  $V_{\Gamma} = 0,8V$ ;  $V$  – объем резервуара, м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов потерь бензина от одного «большого дыхания» резервуара приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Потери бензина от одного «большого дыхания» резервуаров

Емкость резервуара, м <sup>3</sup>	Лето	Весна-осень	Зима	Лето (при использовании холодильной установки)
15	9-16	2,5-7,4	1,1-6,7	0,4-0,5
20	12-21	3,3-10	1,5-8,9	0,5-0,7
30	18-32	4,9-15	2,2-13	0,7-1,1
40	24-42	6,6-20	3,0-18	1,0-1,5
500	302-529	82-247	37-222	12-18

Потери бензина  $m_{п}$  от «больших дыханий» можно представить в виде линейной зависимости вида:

$$m_{п} = k_i \cdot V,$$

где:  $V$  – объем резервуара, м<sup>3</sup>;  $k_i$  – удельная масса БВС для  $i$ -го сезона, кг/м<sup>3</sup> (табл. 4).

Таблица 4 - Значения коэффициента  $k$ .

Наименование показателя $k_i$	Лето	Весна-осень	Зима
Удельная масса БВС, $k_i$ , кг/м <sup>3</sup>	1,05	0,50	0,44

В открытом воздушном пространстве при неподвижной воздушной среде граница зоны загазованности с концентрацией, соответствующей нижнему концентрационному пределу распространения пламени, в зависимости от массы выброса паров бензина может быть определена по формуле [5]:

$$R_{нкпр} = 3,2 \cdot K^{1/2} \cdot (p_n / c_{нкпр})^{0,8} \cdot (m_{п} / (\rho_{п} \cdot p_n)) \quad (5)$$

где:  $R_{нкпр}$  – радиус зоны загазованности, м;  $m_{п}$  – масса поступивших при дыхании паров бензина, кг;  $\rho_{п}$  – плотность паров бензина, кг/м<sup>3</sup>;  $p_n$  – давление насыщенных паров бензина при расчетной температуре, кПа;  $c_{нкпр}$  – нижний концентрационный предел распространения пламени, % об. (для паров бензина  $c_{нкпр} = 0,75\%$  об.);  $K$  – коэффициент ( $K = T/3600$ );  $T$  – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с.

Для емкости 50 м<sup>3</sup>, заправка которой проходит 1800 с, получаем следующую величину радиуса распространения паров бензина при безветрии:  $R_{нкпр} = 3,2 (1800/3600)^{1/2} \cdot (16,8/0,75)^{0,8} \cdot (50/(4 \cdot 16,7))^{0,33} = 25$  м.

Диаметр облака паровоздушной смеси будет равен  $D_{нкпр} = 2R_{нкпр} = 50$  м. При слабом ветре возможен дрейф облака на расстояния до 150 м и сосредоточение его в приземной области, поскольку пары бензина тяжелее воздуха [6].

Выводы: «Большие дыхания» резервуаров нефтебаз представляют экологическую угрозу для населения и окружающей природной среды в радиусе до 175 м. Поэтому вопросы снижения экологического риска вблизи резервуаров нефтебаз являются актуальными. В связи с этим необходим поиск новых технических решений, направленных на снижение потенциальной опасности «больших дыханий» резервуаров нефтебаз.

#### Список литературы

1. Глинка Н. Л. Общая химия: Учебное пособие/ Под ред. А.И. Ермакова.- М.: Интеграл-Пресс, 2002.-728 с.
2. Сборник нормативных документов, регламентирующих нормы и правила пожарной безопасности.- М.:Альфа-ПРЕСС, 2003.545 с (с.439: Пособие по применению НПБ 105-95. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»).
3. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.-М.: Наука, 1972.-720 с.
4. Справочник. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: в 2-х книгах/ Под ред. А.Н.Баратова.- М.:Химия, 1990.- кн.1-496 с., кн.2- 384 с.
5. СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.
6. Бесчастнов М. В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение.- М.:Химия, 1991.- 432 с.
7. Безопасность резервуаров и трубопроводов /В.А. Котляревский, А.А. Шаталов, Х. М. Ханухов - М.: Экономика и информатика, 2000. - 555 с., ил.
8. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования, методы контроля.
9. Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах/ Бодриков О.В., Елохин А. Н., Рязанцев Б.В. и др. -М.: МЧС России, 1994.

*Р.А. Усманов - адъюнкт  
Академия ГПС МЧС России, г. Москва*

### **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ С УХУДШЕННЫМ ГАЗООБМЕНОМ**

**Ключевые слова:** *окно, разрушение стекла, листовое стекло, эксперименты, пожар, температура пожара, тепловой поток, помещение, управление, тушение, фактор, вентилирование.*