

*В.В. Олійник, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ,
О.М. Роянов, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,
О.О. Тесленко, к.ф.-м.н., доцент, НУЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКУ РЕЗЕРВУАРІВ ПІД ЧАС ЇХ ВИВЕДЕННЯ НА РЕМОНТНІ ТА РЕГЛАМЕНТНІ РОБОТИ

(представлено д.т.н. Басмановим О.Є.)

Проведені експериментальні дослідження, які відображають залежність інтенсивності випаровування легкозаймистих та горючих рідин з технологічного обладнання від швидкості руху примусової вентиляції та температури навколишнього середовища.

Ключові слова: дегазація резервуарів, примусова вентиляція, рідкі залишки.

Постановка проблеми. Оцінка стану кількості пожеж та вибухів на об'єктах зберігання палива як цивільного так і військового призначення свідчить про основні причини їх виникнення [1]:

необережне поводження з вогнем;

порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок ;

недотримання правил експлуатації обладнання та порушення умов технологічних процесів;

підпали.

Для забезпечення експлуатаційної надійності резервуарів зберігання нафтопродуктів необхідно дотримання правил їх технічної експлуатації, контролю, виявлення та усунення дефектів.

Необхідною умовою виконання цих робіт є своєчасний ремонт резервуарів з попередньою зачисткою від залишків нафтопродуктів та їх відкладень. Металеві резервуари повинні піддаватися періодичній зачистці в випадках необхідності зміни сорту палива, звільнення від пірофорних відкладень, високов'язких осадів з наявністю мінеральних забруднень та ін., а також та у разі проведення ремонтних робіт [2].

Слід зазначити, що більша кількість зазначених об'єктів під впливом часу потребують реконструкції і модернізації, оснащення їх сучасним ефективним обладнанням.

З метою підвищення пожежовибухонебезпеки резервуарів під час їх виведення з експлуатації на ремонт стає актуальним визначення ряду чинників, які впливають на процес зниження концентрацій парів легкозаймистих (ЛЗР) та горючих рідин (ГР).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Проведений огляд з питання забезпечення пожежовибухонебезпеки ремонтних робіт на резервуарах зберігання нафтопродуктів на цей час є не досить остаточно дослідженим [3–8].

Так, в роботі [3] запропонована методика розрахунку процесу примусової вентиляції резервуарів від залишків рідких нафтопродуктів, яка умовно поділена на етапи [4]:

1) інтенсивна зміна концентрації C_1 залишків парів рідких нафтопродуктів у просторі резервуара

$$C_1 = \frac{M_1}{L} + C_n - \left(\frac{M_1}{L} + C_n - C_0 \right) \cdot e^{-L \cdot \tau / V}; \quad (1)$$

2) постійне значення концентрації C_2 залишків рідких нафтопродуктів до повного випаровування рідини

$$C_2 = \frac{M_2}{L} + C_n; \quad (2)$$

3) процес дегазації зі зміною концентрації C_3 залишків рідких нафтопродуктів до повного видалення парів з ємності

$$C_3 = C_0 + C_2 \cdot e^{-L \cdot \tau / V}, \quad (3)$$

де V – об'єм резервуара, м^3 ; τ – час вентиляції, с; M – інтенсивність випаровування, кг/с ; L – витрати повітря (продуктивність вентилятора), $\text{м}^3/\text{с}$; 0 – індекс, що показує початкові умови; $1, 2, 3$ – індекси, що позначають періоди вентиляції; n – індекс, що позначає параметр припливного повітря.

Реалізацію запропонованої методики подано у вигляді номограм прогнозованих значень параметрів вентиляції.

В роботі [4] показано, що згідно діючим в Україні правилам проведення [5] дегазації резервуарів при викиді газоповітряної суміші з резервуару, найбільша концентрація шкідливих речовин у приземному шарі повітря (C_M) не повинна перевищувати максимальної разової припустимої концентрації $C_{\text{МГДК}}$, яка складає 5 мг/м^3 . Для підтримання концентрації шкідливих речовин у приземному шарі повітря в межах гранично допустимих концентрацій (ГДК) ще й екологічно небезпечний процес дегазації "розтягується" від 2 до 4 діб і поділяється на 6 стадій:

- 1-я стадія – природна вентиляція з відкритим світловим люком;
- 2-я стадія – природна вентиляція з 2 відкритими світловими люками;
- 3-я стадія – примусова вентиляція з подачею повітря $3000 \text{ м}^3/\text{г}$;
- 4-я стадія – примусова вентиляція з подачею повітря $5000 \text{ м}^3/\text{г}$;
- 5-я стадія – примусова вентиляція з подачею повітря $10000 \text{ м}^3/\text{г}$;
- 6-я стадія – примусова вентиляція з подачею повітря $40000 \text{ м}^3/\text{г}$.

Тому з метою інтенсифікації конвективного масообміну в роботі запропоновано використання повітряних ежекторів на внутрішньому фланці люкулаза при проведенні примусової вентиляції.

Постановка завдання та його вирішення. Проведений аналіз існуючих на цей час методик та інженерно-технічних рішень показав, що методика [3] не досить повно відображає стан процесу примусової вентиляції в реальному часі і має лише прогностичний характер. У випадку [4] – процес примусової вентиляції носить часово–тривалий характер. Тобто, в обох випадках під час проведення примусової вентиляції відсутня однозначність в прийнятті рішення про достатність часу на її проведення. В свою чергу, використання складного обладнання для проведення примусової вентиляції понад необхідний період часу призводить до певних перевитрат, наприклад, електроенергії. Таким чином, стає очевидною задача прийняття рішення на припинення примусової вентиляції в реальному часі з урахуванням параметрів її проведення (витрати повітря, концентрації залишків парів рідких нафтопродуктів) та умов навколишнього середовища (температура, вологість).

Під час проведення примусової вентиляції найбільш вагомим показником є вірогідність правильного прийняття рішення на проведення регламентних робіт – P_{PP} . Необхідною умовою для прийняття правильного рішення є мінімум певного функціоналу, який характеризує концентрацію парів ЛЗР та ГР (Φ_0), при заданих витратах ($V_{u_{зад}}$) для досягнення пожежовибухонебезпечних концентрацій ЛЗР та ГР. Під витратами будемо розуміти заходи (час, витрати на електроенергію та т.ін.) на реалізацію примусової вентиляції з урахуванням параметрів навколишнього середовища. При цьому, в залежності від умови i -ої задачі (тип рідини, температура та швидкість повітря, вологість повітря, що подається до ємності), для вирішення якої виконується примусова вентиляція, існує відповідна умова, яка характеризує час на прийняття рішення (τ_{pp_i}) щодо досягнення концентрацій ЛЗР та ГР певної пожежовибухонебезпечної величини ($\tau_{pp_{max}}$). Математичний запис даної умови можна уявити у вигляді

$$P_{PP} \left[\Phi_0 \rightarrow \min; \text{при} \left\{ \begin{array}{l} \tau_{pp_i} \leq \tau_{pp_{max}} \\ V_{u_{зад}} \end{array} \right\} \right] \geq P_{Hi}. \quad (4)$$

Зауважимо, що величина P_{Hi} має бути окремо обґрунтованою, виходячи із вимог досягнення пожежовибухонебезпечних концентрацій в резервуарах зберігання ЛЗР та ГР.

У зв'язку з уведенням показника (4) розглянемо шляхи щодо забезпечення мінімізації узагальненого функціоналу.

Мінімізація функціоналу (4) досягається при одночасному виконанні умов:

Максимуму вірогідності знаходження концентрацій ЛЗР та ГР у пожежовибухонебезпечних межах;

Забезпечення мінімально-необхідного часу, необхідного для проведення примусової вентиляції.

Таким чином, для забезпечення реалізації запропонованого функціоналу можна визначити наступні шляхи:

оперативне отримання значень концентрацій парів ЛЗР та ГР з метою прийняття рішення про досягнення ними безпечних значень

$$\varphi_p \geq \varphi_n,$$

де φ_p – значення концентрації парів ЛЗР під час дослідження; φ_n – значення нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

зведення до мінімуму можливість втручання людини-оператора на процес прийняття рішення щодо припинення примусової вентиляції;

в подальшому розробка рекомендацій та протабульованих значень для відповідних ЛЗР та ГР щодо необхідного часу на проведення примусової вентиляції у ємностях певного обсягу.

Реалізацію запропонованого рішення щодо оперативного прийняття рішення запропоновано у вигляді створеної експериментальної установки "Дослідження залежності інтенсивності випаровування ЛЗР та ГР від параметрів вентиляування з метою вибору його режимів для запобігання виникнення небезпечних концентрацій в технологічному обладнанні під час виведення його на регламентні та ремонтні роботи" (рис. 1).

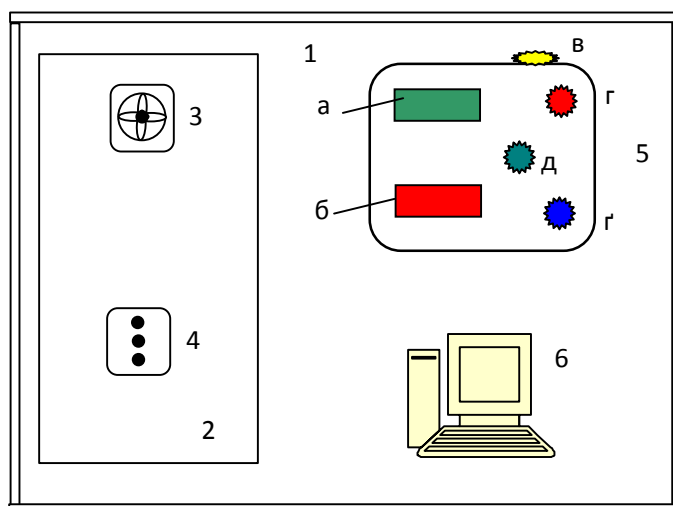


Рис. 1. Експериментальна установка: 1 – робоча поверхня; 2 – ємність; 3 – вентиляційний пристрій; 4 – блок вимірювачів концентрації та температури; 5 – блок живлення; керування та відображення вимірювань; 6 – засіб реєстрації даних вимірювань (ПК)

Слід зауважити, що при дослідженні було передбачено можливість зміни температури повітря, яке подається на примусову вентиляцію. При реалізації умови (4) у вигляді програмно-апаратного комплексу реалізовано алгоритм порівняння вимірюваного значення концентрації парів φ_p з φ_n ЛЗР, що досліджується, та автоматичне припинення процесу примусової вентиляції. При цьому в процесі вентиляції передбачено можливість зміни витрат повітря примусової вентиляції та температури повітря, що подається у дослідну ємність. Слід зазначити, що до блоку вимірювачів концентрації та температури входять сучасні датчики вимірювань MQ-2 (речовини – спирт,

бензини), MQ-3 (речовини – бутан, пропан, метан, спирт, водень, дим цигарок), MQ-135 (речовини – аміак, пари сполучень сірки, пари бензолу, сульфїду, диму та ін. шкідливих газів). Попередні розрахунки щодо тривалості часу примусової вентиляції показали на ЛЗР типу бензин "Б-70" підвищення температури повітря на 5-7 °С призводить до скорочення часу на вентиляцію близько 8-10%.

На рис. 2 наведено форму сформованого файлу-трею з реєстраційною інформацією про результати примусової вентиляції. В результаті експерименту зміна температури в ємності відбувалась у межах від 17,9 °С до 23,05 °С, при цьому температура, що подавалась, була встановлена на рівні 25 °С. Такий характер залежності температур обумовлюється залежністю (інерційністю зміни) температури внутрішнього простору ємності від площі внутрішньої поверхні резервуару та її температури.

Starting...			82	2290	7
			83	2290	6
Ready:			84	2290	6
			85	2290	6
Benzin			86	2290	5
c	°C	%	87	2290	5
1	1790	57	88	2290	5
2	1790	57	89	2290	4
3	1790	56	90	2290	4
4	1795	56	91	2290	4
5	1800	55	92	2290	3
6	1805	54	93	2290	3
7	1810	53	94	2290	2
8	1815	53	95	2290	2
9	1820	52	96	2290	1
10	1825	51	97	2295	1
11	1835	51	98	2300	1
12	1845	50	99	2305	1
13	1860	47	100	2295	0
14	1875	49	End		
15	1890	48			
16	1905	47			
17	1915	47			
18	1925	46			
19	1935	45			
20	1945	45			

Рис. 2. Сформований файл-трей за результатами примусової вентиляції

Висновки. За допомогою розробленої експериментальної установки та отриманих в результаті досліджень залежностей стає можливим розрахувати можливі комбінації параметрів примусової вентиляції апаратів з ЛЗР та ГР (швидкості руху повітря, інтенсивності подавання повітря, температури та вологості повітря). Запропонований підхід дозволить в реальному часі приймати рішення про достатність часу проведення примусової вентиляції на основі визначення залежності інтенсивності випаровування ЛЗР та ГР від швидкості руху повітряних мас та температури повітря, що подається, та умов навколишнього середовища, а також оперативно визначати концентрацію парів легкозаймистих та горючих рідин в певному об'ємі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Режим доступу <http://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2015-rik.html>.
2. Временная инструкция по дегазации резервуаров от паров нефтепродуктов методом принудительной вентиляции. – Утв. Госкомнефтепро-

дуктом РСФСР 08.09.1981 г. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат, 1982. – 32 с.

3. Пузік С.О. Методика розрахунку процесу примусової вентиляції резервуарів від залишків рідких нафтопродуктів / С.О. Пузік, Б.О. Островський, Д.А. Комар // Вісник Національного авіаційного університету. Вип. 2 (55). – Київ:НАУ, 2013. – С. 109-113.

4. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. – М.: Недра, 1984. – 151 с.

5. Тесленко А.А. Влияние значений средних температур воздуха на оценку пожаровзрывоопасности резервуаров технического этилового спирта / А.Н. Роянов, А.А. Тесленко // Проблемы пожарной безопасности. Вып.38. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – С. 177-180.

6. Тесленко А.А. Надежность огнепреградителя и средний молекулярный вес воздуха / А.А. Тесленко, А.Ю. Бугаев, А.Н. Роянов, В.В. Олейник // Проблемы пожарной безопасности. – Вып. 34. – Харків: НУЦЗУ, 2013. – С. 156-160.

7. Липовий В. О. Дослідження можливих об'ємів утворення продуктів очищення резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів з вмістом шкідливих речовин / В.О. Липовий, М.М. Удянський // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Вип. 4. – Харків: ХУПС, 2014. – С. 121-123.

8. Дудак С.О. Дослідження залежності інтенсивності випаровування ЛЗР та ГР з відкритої поверхні від швидкості руху повітряних мас та температури навколишнього середовища / С.О. Дудак, О.М. Роянов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Вип. 4 (417). – Харків: ХУПС, 2014. – С. 86-88.

9. Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов. – Утв. Госкомнефтепродуктом СССР, 10.11.89. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат, 1990. – 41 с.

Отримано редколегією 13.10.2016

В.В. Олейник, А.Н. Роянов, А.А. Тесленко

Исследование влияния параметров принудительной вентиляции на пожаровзрывоопасность резервуаров во время их вывода на ремонтные и регламентные работы

Проведены экспериментальные исследования, отражающие зависимость интенсивности испарения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей из технологического оборудования от скорости принудительной вентиляции и температуры окружающей среды.

Ключевые слова: дегазация резервуаров, принудительная вентиляция, жидкие остатки.

V.V. Oleinik, A.N. Roianov, A.A. Teslenko

Research of influence of mechanical ventilation parameters on fire explosive danger reservoirs in their withdrawal by repair and maintenance works

Experimental studies, reflecting the intensity of the evaporation of flammable and combustible liquids from the process equipment from mechanical ventilation and the ambient temperature of the medium speed.

Keywords: degassing tanks, forced ventilation, liquid residues.