

О. М. Роянов, к.т.н., ст. викладач каф., НУЦЗУ,  
С. В. Гарбуз, к.т.н., викладач каф., НУЦЗУ

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИБУХОПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ РЕЗЕРВУАРІВ ЗБЕРІГАННЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ

(представлено д.т.н. Тарасенком О. А.)

Проведено аналіз впливу температури та вологості припливного повітря на результати вимірювань концентрації парів залишків легкозаймистих і горючих рідин під час примусової вентиляції в резервуарах зберігання світлих нафтопродуктів.

**Ключові слова:** примусова вентиляція, рідкі залишки.

**Постановка проблеми.** Для експлуатаційної надійності резервуарів зберігання нафтопродуктів необхідно дотримання правил їх технічної експлуатації, своєчасного контролю та ремонту. Деякі види робіт в резервуарах зберігання світлих нафтопродуктів необхідно потребують зачистки внутрішнього простору резервуарів згідно вимог нормативних документів з метою забезпечення високого рівня вибухопожежобезпеки [1]. Відомо, що процес очищення резервуарів є поетапним. Одним з таких етапів є примусова вентиляція [2–4]. В роботі [2] показано, що основною проблемою примусової вентиляції є зменшення часу, необхідного для досягнення вибухопожежобезпечних концентрацій парів легкозаймистих (ЛЗР) та горючих рідин (ГР). Вирішення цієї проблеми пов'язано з обранням режиму примусової вентиляції, при якому буде забезпечено вибухопожежобезпеку на безпечному рівні [5].

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Показав, що забезпечення високого рівня вибухопожежобезпеки перед проведенням ремонтних робіт в резервуарах зберігання світлих стає все актуальнішим не тільки в Україні [6, 7], але і в світі, та отримує значну увагу щодо досліджень [8–10] та прийняття відповідних нормативних вимог [11–15].

Існуючі на цей час методики та інженерно-технічні рішення [1, 2, 6] не досить повно відображають стан процесу примусової вентиляції та носять лише прогнозний характер [6] або настановний характер [1].

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою проведених досліджень було оцінити вплив температури та вологості повітря, на процес дегазації резервуарів від залишків парів ЛЗР та ГР для обрання режимів роботи обладнання примусової вентиляції [5].

Як відомо [2], час примусової вентиляції складається з трьох етапів (рис.1), причому їх тривалість залежить від багатьох чинників, а саме: об'єм резервуару, продуктивність вентилятора, початкова концентрація парів у газовому просторі резервуару, початкова маса залишків ЛЗР та ГР, швидкість їх випаровування.

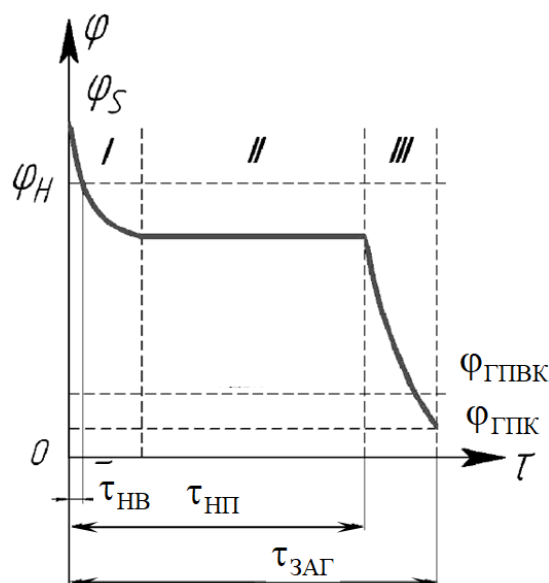


Рис. 1. Зміна концентрації парів рідини у часі за умов наявності в резервуарі рідких залишків ЛЗР та ГР:  $\tau_{НВ}$  – тривалість небезпеки вибуху;  $\tau_{НП}$  – тривалість небезпеки пожежі;  $\tau_{ЗАГ}$  – загальна тривалість примусової вентиляції

Вимагаєма ступінь дегазації залежить від от характеру робіт, які плануються в резервуарі. Якщо плануються роботи без входу людей до резервуару, то наприкінці дегазації може бути прийнята гранично допустима вибухобезпечна концентрація (ГДВК), що дорівнює 0,05 % об. від нижньої концентраційної межі займання парів нафтопродуктів у повітрі або 2,0 – 2,5 г/м<sup>3</sup> за умов відсутності в резервуарі рідких залишків. Якщо плануються роботи з входом людей до резервуару, то наприкінці дегазації повинна бути прийнята гранично допустима концентрація (ГДК) відповідно санітарних норм. Внаслідок вкрай повільного зниження концентрації домішок в кінцевий період дегазації перехід від одної кінцевої концентрації до іншої (наприклад, від ГДВК к ГДК) може змінити необхідну тривалість дегазації в декілька разів [2].

Одним з основних параметрів, який характеризує час примусової вентиляції є інтенсивність випаровування. Відомо [2], що інтенсивність випаровування парів залишків світлих нафтопродуктів описується рівнянням:

$$M_{max} = 0,065 \frac{\rho_B \nu F_u F}{(V)} \tilde{Re}^{0,8} Pr_d \pi_d \mu^{0,5} \theta^2, \quad (1)$$

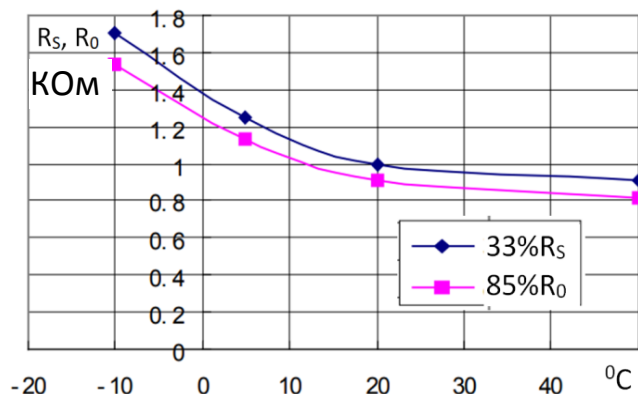
де  $F_u$  и  $F$  – відповідно площа дзеркала випаровування та огорожуючих конструкцій ємності;  $\rho_B$  та  $\nu$  – відповідно щільність та кінематична в'язкість повітря в резервуарі;  $Pr_d$  – дифузійне число Прандтля, що дорівнює  $Pr_d = \frac{\nu}{D_t}$ , де  $D_t$  – коефіцієнт дифузії парів рідини;  $\pi_d = \frac{p_s}{p_0}$  – параметричне число тиску;  $\mu$  – відношення молекулярних мас нафтопродукту та повітря;  $\theta = \frac{T_r}{T_p}$  – температурний фактор;  $T_r$  – температура газового

середовища;  $T_p$  – температура рідини;  $\tilde{Re}$  – аналог числа Рейнольдса, дорівнює  $\tilde{Re} = \frac{A}{\nu}$ ,  $A = 0,25q(2Vf_s^2)^{-0,33}(V/F)^{1,33}$  – коефіцієнт турбулентного обміну (по В.М. Ельтерману [2]);  $q$  – витрати припливного повітря;  $V$  – об'єм апарату;  $f_s$  – площа припливного отвору (люку лазу);  $F$  – площа обмежувальних конструкцій в резервуарі.

Проте, не так широко відомо, що важливішою чим температура, являється рівень вологості повітря, яке подається в резервуар під час примусової вентиляції. На температуру спалаху впливають тиск і вологість повітря. З підвищенням атмосферного тиску температура спалаху дещо збільшується, а із зростанням вологості повітря – зменшується. При підвищеній вологості повітря і плюсових температурах вміст води навіть в зневодненому бензині майже миттєво різко збільшується.

На цей час виробники газоаналізаторів наводять в характеристиках своїх приладів точність їх вимірювань за певних природних умов, але на практиці виникають ситуації коли стає необхідним контролювати рівень залишків парів ЛЗР та ГР на межах робочих діапазонів газоаналізаторів.

Розглянемо на прикладі сенсору MQ-135 [16], який використовується в газоаналізаторах для вимірювання концентрацій таких речовин як  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , спирти, бензол, дим,  $\text{CO}_2$  вплив вологості повітря на точність вимірювання концентрації залишків парів ЛЗР та ГР. Заводом виробником визначено умови юстування за певних умов навколишнього середовища: температура повітря –  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , вологість повітря –  $(65 \pm 5)\%$  для забезпечення гарантованої точності вимірювань. На рис. 2 наведено значення опорів датчика MQ-135 від температури та вологості.



**Рис. 2.** Типова залежність датчика MQ-135 при вимірюванні  $\text{NH}_3$  від температури та вологості:  $R_S$  – опір при вологості повітря 33%,  $R_0$  – опір при вологості повітря 85%

Оскільки величина сигналу про рівень концентрації залишків парів ЛЗР та ГР залежить від значення опору датчика, то можна зробити висновок, що величина концентрації теж знаходиться в такій залежності. В діапазоні робочих температур повітря від  $-10^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$  за умови вологості повітря 33 % значення опору змінюється від 1,7 Ом до 0,9 Ом (тобто в 1,88 рази), а за вологості повітря 85 % значення опору змінюється від 1,55 Ом до 0,8 Ом (тобто в 1,94 рази). Значення опору датчика на те-

температурних межах можливих вимірювань від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$  при різниці вологості у 52 % змінюється від 1,13 до 1,23 разів. Таким чином похибка визначення концентрації за умов зміни параметрів навколишнього середовища особливо важна під час прийняття рішення про досягнення безпечного рівня концентрації залишків парів ЛЗР та ГР [7], особливо при визначенні 0,05 % об. від нижньої концентраційної межі займання парів нафтопродуктів у внутрішньому просторі ємності резервуару.

**Висновки.** Проведений аналіз показав, що температура та вологість припливного повітря під час примусової вентиляції в резервуарах зберігання світлих нафтопродуктів впливають значним чином на результати вимірювань концентрації парів залишків легкозаймистих і горючих рідин, а також впливають на прийняття рішення по достатній рівень вибухопожежобезпеки і потребують подальшого вивчення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Временная инструкция по дегазации резервуаров от паров нефтепродуктов методом принудительной вентиляции: утв. Госкомнефтепродуктом РСФСР 08.09.1981 г. Стройиздат, 1982. 32 с.

2. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами: монографія. Москва: Недра, 1984. 151 с.

3. Роянов О. М., Гарбуз С. В. Визначення впливу характеристик резервуарів на інтенсивність випаровування світлих нафтопродуктів під час проведення в них примусової вентиляції. Проблемы пожарной безопасности. НУГЗУ. 2018. Вып. 42. С. 110–114.

4. Роянов О. М., Олійник В. В. Спосіб оцінки залишків світлих нафтопродуктів під час проведення примусової вентиляції резервуарів. Проблемы пожарной безопасности. НУГЗУ. 2018. Вып. 43. 198 с. С.129–135.

5. Роянов О. М., Тесленко О. О. Дослідження впливу параметрів примусової вентиляції на пожежовибухонебезпеку резервуарів під час їх виведення на ремонтні та регламентні роботи. Проблемы пожарной безопасности. НУГЗУ. 2016. Вып. 40. 210 с. С. 147–152.

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

7. Олійник В. В., Роянов О. М., Тесленко О. О. Оцінка впливу параметрів примусової вентиляції на пожежовибухонебезпеку резервуарів під час їх виведення на ремонтні та регламентні роботи. Проблемы пожарной безопасности. Вып.40. Харків: НУЦЗУ. 2016. С.147–151.

8. Yinchang Li, Yang Du, Peili Zhang. Experimental study on inert replacement ventilation of oil vapor in oil tank. Department of Petroleum Supply Engineering. Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China. 2012. 45. С. 546–551.

9. M. Robinson, D. B. Ingham. Recommendations for the design of push-pull ventilation systems for open surface tanks. The Annals of Occupational Hygiene. 1996. 6. С. 693–704.

10. P. J. Fardell, B. W. Houghton. The evaluation of an improved method of gasfreeing an aviation fuel storage tank. *Journal of Hazardous Materials*. 1976. 1(3). С. 237–251.

12. EU (1994). European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations. *Official Journal L 365*. 1994.

13. European Commission (2006). *Integrated Pollution Prevention and Control Best Available Techniques on Emissions from Storage*, July 2006.

14. AEAT (2001). Measures to reduce emissions of VOCs during loading and unloading of ships in the EU. Report No AEAT/ENV/R/0469 Is.2. AEA Technology, Abingdon. 2001.

15. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). *Environmental Code of Practice for Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks*. Prepared by the National Task Force on Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks. CCME. Canada. 1991.

16. [Электронный ресурс]// Режим доступа <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

О. М. Роянов, С. В. Гарбуз

**Оценка влияния параметров окружающей среды на взрывопожароопасность во время проведения принудительной вентиляции резервуаров хранения светлых нефтепродуктов**

Проведён анализ влияния температуры и влажности приточного воздуха на результаты измерений концентрации паров остатков легко воспламеняющихся и горючих жидкостей во время принудительной вентиляции в резервуарах хранения светлых нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** принудительная вентиляция, жидкие остатки.

A. Roianov, S. Harbuz

**Estimation of influence of parameters of environment on fire and explosion hazard during realization of forced-circulation of tanks for light petroleum products**

During the operation of storage tanks for light oil products, there are always situations that require maintenance and repair work. The danger of such work is associated with the presence of both liquid residues of flammable liquids and with the presence of a medium saturated with vapors of such residues.

The main problem of compulsory ventilation is the reduction of the time required to reach the fire and explosion-proof concentrations of flammable vapors and combustible liquids and to determine the factors affecting it.

An aim undertaken studies was to estimate influence of parameters of environment of temperature and humidity of air, on the process of degassing of tanks from vapors of pairs of flammable liquids for electing of the modes of operations of equipment of forced-circulation.

The conducted analysis showed that a temperature and humidity of reveal air during forced-circulation in the tanks of storage for light petroleum products influenced considerable character on the results of measuring of concentration of vapors bits and pieces of flammable and combustible liquids, and also influence on a decision-making for the sufficient level of fire and explosion hazard and need a further study.

**Keywords:** forced ventilation, liquid residues.