

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

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗЕРВУАРІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВИПАРОВУВАННЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ В НИХ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

(представлено д.т.н. Басмановим О.Є.)

Проведена оцінка впливу геометричних характеристик отворів для проведення примусової вентиляції в резервуарах на інтенсивність випаровування залишків світлих нафтопродуктів. Встановлено величину маси нафтопродукту, що випаровується з резервуару.

Ключові слова: примусова вентиляція, коефіцієнт турбулентного обміну.

Постановка проблеми. Підтримання високої пожежовибухобезпеки резервуарів зберігання світлих нафтопродуктів під час експлуатації потребує неухильного дотримання правил їх технічної експлуатації, контролю, проведення ремонтних та відновлювальних робіт.

Необхідною умовою виконання цих робіт є своєчасний ремонт резервуарів з попередньою зачисткою від залишків нафтопродуктів та їх відкладень. В резервуарах необхідно проводити періодичні зачистки, а особливо, в випадках необхідності зміни сорту палива. Особливу увагу необхідно наділяти у разі необхідності проведення ремонтних робіт, під час звільнення від пірофорних відкладень, високов'язких осадів з наявністю мінеральних забруднень [1-3].

З часом експлуатації більша кількість об'єктів резервуарних парків потребує реконструкції і модернізації, стає необхідним оснащення їх сучасним ефективним обладнанням та системами автоматизації.

В процесі проведення примусової вентиляції резервуарів під час їх виведення з експлуатації на ремонт присутня проблема – наявність пожежовибухонебезпечних концентрацій парів легкозаймистих (ЛЗР) та горючих рідин (ГР) та тривалий час їх присутності в резервуарах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі на цей час методики та інженерно-технічні рішення [1-2] не досить повно відображають стан процесу примусової вентиляції та носять лише прогнозний характер або настановний характер. У випадку [1] – процес примусової вентиляції носить часово-тривалий характер, а у випадку [2] – процес примусової вентиляції потребує попередніх розрахунків та є прогнозованим, тобто приблизним.

Визначення чинників, які впливають на час проведення примусової вентиляції та процес зниження пожежовибухонебезпечних концентрацій парів ЛЗР та ГР зроблені в ряді робіт [4-6].

Постановка завдання та його вирішення. Метою проведених досліджень було визначення залежності інтенсивності випаровування залишків світлих нафтопродуктів з резервуарів від технічних характеристик резервуарів під час проведення примусової вентиляції.

Процес примусової вентиляції умовно поділено на три етапи [2, 3]:

- 1) інтенсивна зміна концентрації залишків парів рідких нафтопродуктів у просторі резервуара;
- 2) постійне значення концентрації залишків рідких нафтопродуктів до повного випаровування рідини;
- 3) процес дегазації зі зміною концентрації залишків рідких нафтопродуктів до повного видалення парів з ємності.

Процес вентиляції технологічного апарату описується диференціальним рівнянням матеріального балансу [3]

$$Vd\varphi + q\varphi d\tau - q\varphi_B d\tau = M d\tau, \quad (1)$$

де V – об'єм резервуару; q – витрати припливного повітря; φ та φ_B – концентрації парів рідини в газовому просторі апарату та в припливному повітрі; M – інтенсивність випаровування; τ – час.

Аналіз математичного опису етапів процесу примусової вентиляції показує, що він залежить від багатого числа чинників, тобто є багатопараметричним процесом:

- характеристики рідини;
- інтенсивності випаровування рідини;
- температури припливного повітря та повітряного простору в ємності резервуару;
- зовнішніх погодних умов (часу року, доби, вологості повітря)
- технічних характеристик резервуару (об'єму, форми та ін.).

Розглянемо один із зазначених чинників – інтенсивність випаровування рідини. Інтенсивність випаровування – кількість рідини, яка випарувалась з одиниці площі за одиницю часу. Інтенсивність випаровування залежить від:

- виду рідини (теплота випаровування);
- температури рідини;
- зовнішніх погодних умов (часу року, доби, вологості повітря, атмосферного тиску);
- швидкості або кратності припливного потоку повітря.

Максимально можлива інтенсивність випаровування має вигляд [3]

$$M_{\max} = 0,065 \frac{\rho_B \upsilon F_u F}{(V)} \tilde{Re}^{0,8} Pr_D \pi_D \mu^{0,5} \theta^2, \quad (2)$$

де F_u и F – відповідно площа дзеркала випаровування та огорожуючих конструкцій ємності, ρ_B та υ – 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; μ – відношення молекулярних мас нафтопродукту та повітря, $\theta = \frac{T_\Gamma}{T_p}$ – температурний фактор, T_Γ – температура газового середовища; T_p – температура рідини; \tilde{Re} – аналог числа Рейнольдса, дорівнює $\tilde{Re} = \frac{A}{\nu}$, A – коефіцієнт турбулентного обміну (по В.М. Ельтерману) [3].

У рівнянні (2) у явному вигляді з характеристик ємності присутні лише об'єм, площа дзеркала випаровування та огорожуючих конструкцій ємності. Але повністю охарактеризувати вплив характеристик ємності на час примусової вентиляції може лише коефіцієнт турбулентного обміну.

Технічні характеристики – об'єм та площа обмежувальних конструкцій в резервуарі закладено лише в один вираз, який використовується для визначення тривалості часу примусової вентиляції – A коефіцієнт турбулентного обміну (по В.М. Ельтерману) [3]

$$A = 0,25q (2Vf_B^2)^{-0,33} (V/F)^{1,33}, \quad (3)$$

де q – витрати припливного повітря, V – об'єм апарату, f_B – площа припливного отвору (люку лазу), F – площа обмежувальних конструкцій в резервуарі.

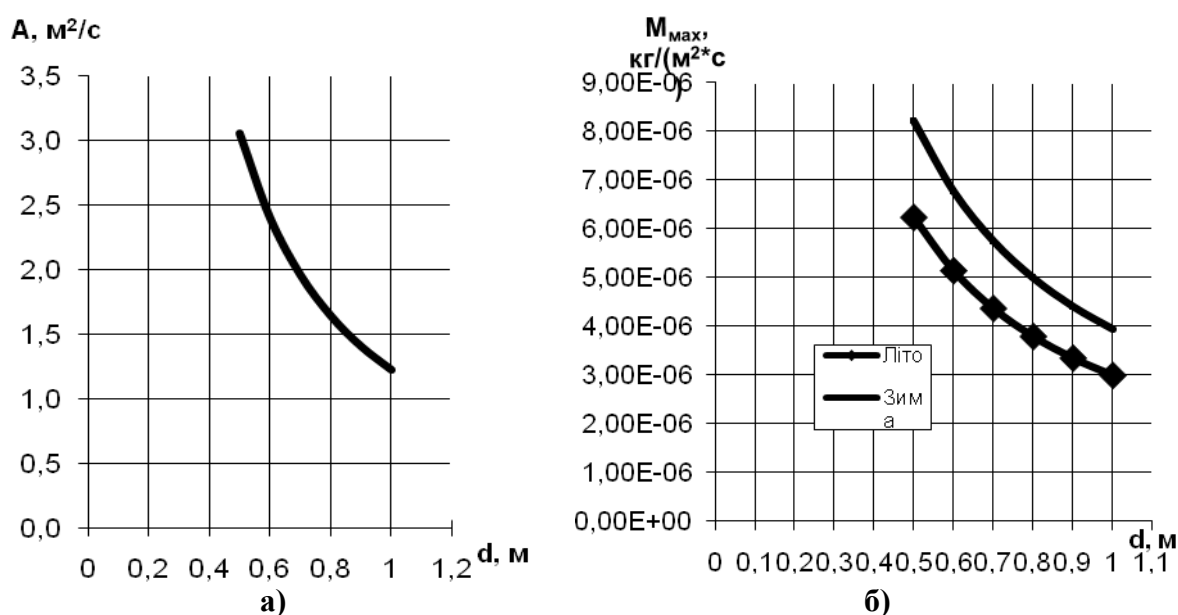


Рис. 1. а) залежність коефіцієнту турбулентного обміну від діаметру перерізу вхідного отвору для примусової вентиляції; б) показник максимальної інтенсивності випаровування бензину А-92 в залежності від діаметру перерізу вхідного отвору для примусової вентиляції

З метою визначення впливу характеристик резервуарів на пожежо-вибухонебезпеку процесу примусової вентиляції резервуарів було проведено розрахунки на прикладі резервуару РВС-5000. Для визначення характеру зміни коефіцієнту турбулентного обміну використані дані стосовно люків лазів, що використовуються на РВС-5000, а саме діаметром 500 мм, 600 мм, 800 мм та 900 мм (рис. 1). Також для моделювання були обрані дві пори року – літо та зима, вид палива – бензин А-92.

Проведений аналіз показав, що діаметр люків лазів, які використовуються при виготовленні РВС-5000 впливають на коефіцієнт турбулентного обміну у межах від 500 мм до 900 мм (рис.1, а). Аналіз зміни максимальної інтенсивності випаровування від діаметра люків лазів (рис. 1, б) показав, що зміна діаметра люків лазів з 500 мм на 900 мм призводить до майже двократної зміни інтенсивності випаровування як взимку, так і влітку. Для спрощення визначення розрахункового часу примусової вентиляції такий параметр як коефіцієнт турбулентного обміну можна визначити заздалегідь та взагалі ввести як значення технічної характеристики резервуарів.

Тоді з врахуванням (2), (3) залежність маси нафтопродукту, що випарувалась з резервуару на протязі часу τ можна розрахувати за наступним виразом

$$M = \int_0^{\tau} M_{\max} F_u \cdot dt \quad (4)$$

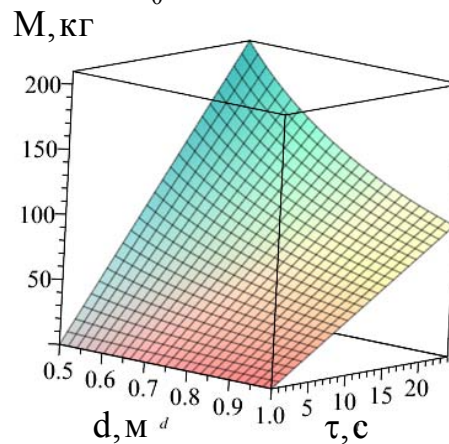


Рис. 2. Залежність маси нафтопродукту, що випарувалась з резервуару протягом часу τ

Аналіз рисунку показує, що процес випаровування можна регулювати не лише за рахунок часу, але й шляхом зміни діаметру люку лазу.

Висновки. Проведені розрахунки показали, що максимальна інтенсивність випаровування залишків світлих нафтопродуктів під час процесу примусової вентиляції ємностей також залежить від конструктивних особливостей резервуару та його об'єму, вибору розмірів діаметру люків лазів, які використовуються при його виготовленні. Незалежно від пори року зміна діаметру люків лазів з 500 мм на 900 мм призводить до зменшення інтенсивності випаровування залишків світлих нафтопродуктів майже в 2 рази під час процесу примусової вентиляції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Временная инструкция по дегазации резервуаров от паров нефтепродуктов методом принудительной вентиляции [Текст]. – Утв. Госкомнефтепродуктом РСФСР 08.09.1981 г. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат, 1982. – 32 с.
2. Пузік С.О. Методика розрахунку процесу примусової вентиляції резервуарів від залишків рідких нафтопродуктів [Текст]/ С.О. Пузік, Б.О. Островський, Д.А. Комар // Вісник Національного авіаційного університету. – Вип. 2 (55). – Київ:НАУ, 2013. – С. 109-113.
3. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. – М.: Недра, 1984. – 151 с.
4. Тесленко А.А. Влияние значений средних температур воздуха на оценку пожаровзрывоопасности резервуаров технического этилового спирта [Текст]/А.Н. Роянов, А.А.Тесленко // Проблемы пожарной безопасности. – Вып. 38. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – С.177-180.
5. Дудак С.О. Дослідження залежності інтенсивності випаровування ЛЗР та ГР з відкритої поверхні від швидкості руху повітряних мас та температури навколишнього середовища [Текст] / С.О. Дудак, О.М. Роянов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Вип. 4 (417). – Харків: ХУПС, 2014. – С. 86-88.
6. Роянов О.М. Оцінка впливу параметрів примусової вентиляції на пожежовибухонебезпеку резервуарів під час їх виведення на ремонтні та регламентні роботи. [Текст] / В.В. Олійник, О.М. Роянов, О.О. Тесленко Проблемы пожарной безопасности. – Вып. 40. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – С. 147-151.

Отримано редколегією 13.10.2017

А.Н. Роянов, С.В. Гарбуз

Определение влияния характеристик резервуаров на интенсивность испарения светлых нефтепродуктов при проведении в них принудительной вентиляции

Проведены расчеты, отражающие зависимость максимальной интенсивности испарения светлых нефтепродуктов из резервуаров от технических характеристик резервуаров во время проведения принудительной вентиляции.

Ключевые слова: принудительная вентиляция, коэффициент турбулентного обмена.

A. Roianov, S. Garbuz

Determination of the effect of reservoir characteristics on the intensity of evaporation of light oil products during forced ventilation

Calculations have been performed that reflect the dependence of the maximum intensity of evaporation of light oil products from tanks on the technical characteristics of tanks during forced ventilation.

Keywords: forced ventilation, turbulent exchange coefficient.