Технические науки

УДК 622.691.4

Дорошенко Юлія Іванівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспорту та зберігання нафти і газу
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
Люта Наталя Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспорту та зберігання нафти і газу
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
Дорошенко Юлия Ивановна
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа
Ивано-Франковский национальный технический
университет нефти и газа
Люта Наталия Викторовна
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа
Ивано-Франковский национальный технический
университет нефти и газа
Doroshenko Juliya
PHD, associate professor, department of
transportation and storing of oil and gas
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Luta Nataliya
PHD, associate professor, department of
transportation and storing of oil and gas
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ РОЗРАХУНКІВ ВТРАТ НАФТОПРОДУКТІВ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ У ПРОЦЕСІ НАЗЕМНОГО ЗБЕРІГАННЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНОСТРАННОГО ОПЫТА РАСЧЕТОВ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ ИСПАРЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ НАЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ

RESEARCH OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF CALCULATION OF THE LOSSES OF PETROLIUM PRODUCTS DUE TO EVAPORATION IN THE PROCESS OF ABOVEGROUND STORAGE

Анотація: *Досліджено переваги та недоліки методики розрахунку втрат нафтопродуктів від випаровування, що використовується у США, проведено порівняльний розрахунок за методикою EPA, М. М. Константинова та нормами природних втрат нафтопродуктів.*

Ключові слова: *резервуари, нафтопродукти, випаровування, втрати від "малих дихань".*

Аннотация: *Иследовано преимущества и недостатки методики расчета потерь нефтепродуктов от испарений, которая используется в США, проведено сравнительный расчет по методике EPA, Н. Н. Константинова и нормами природных потерь нефтепродуктов.*

Ключевые слова: *резервуары, нефтепродукты, испарения, потери от "малых дыханий".*

Summary: *Pros and cons of the calculation method of losses of petroleum products due to evaporation that is used in the USA have been researched. A comparative calculatin of the EPA method, Konstantinov method and the norm of natural loss of petroleum products has been made.*

Key words: *tanks, petroleum products, evaporation, standing loss.*

Загально визнаними методиками розрахунку втрат нафтопродуктів від випаровування на пострадянському просторі є методика

М. М. Константинова [1, 3, с. 81-90] та **норми природних втрат** [2, 3, с. 81-90]. Однак це не єдині відомі у світі методики такого розрахунку. Зокрема у США для оцінювання викидів вуглеводнів із наземних резервуарів використовують методику EPA (Environmental Protection Agency) [4-7].

Найголовнішим із основних завдань організації EPA є запобігання розливів нафтопродуктів та контроль втрат нафтопродуктів від випаровування, так як пари нафтопродуктів є одними із небезпечних забруднювачів атмосферного повітря. Контроль цієї організації поширюється на всі об'єкти, які зберігають, транспортують та переробляють нафту та нафтопродукти.

Згідно рекомендацій методики EPA втрати нафтопродуктів від "малих дихань" можна знайти за наступною формулою[4, с. 5]

$$L_S = V_V \cdot W_V \cdot K_E \cdot K_S, \quad (1)$$

де V_V - об'єм газового простору резервуара, $фут^3$;

W_V - насиченість парів, $\frac{фунт}{фут^3}$;

K_E - коефіцієнт розширення газового простору ;

K_S - коефіцієнт вентиляції насиченої пари.

Для визначення об'єму газового простору резервуара необхідно враховувати такі геометричні характеристики резервуара: висота покрівлі резервуара, висота газового простору, висота заповнення резервуара нафтопродуктом, діаметр резервуара.

Відповідно висота газового простору обчислюється за формулою

$$H_{VO} = H_S - H_L + H_{RO}, \quad (2)$$

де H_S - висота резервуара (задається в технічній характеристиці резервуара);

H_{RO} - висота конуса покрівлі;

H_L - середній рівень рідини у резервуарі.

Насиченість парів у газовому просторі визначається за формулою

$$W_V = \frac{M_V \cdot P_{VA}}{R \cdot T_{LA}}, \quad (3)$$

де M_V - молярна маса суміші парів вуглеводнів, $\frac{фунт}{фунтмоль}$;

P_{VA} - тиск насичених парів при середньодобовій температурі поверхневого шару рідини, psi;

R - газова стала, $\frac{psi \cdot фут}{фунт \cdot моль}$ ($R = 10,73 \frac{psi \cdot фут}{фунт \cdot моль}$);

T_{LA} - середньодобова температура поверхневого шару рідини, ^oR.

Середньодобову температура поверхневого шару рідини методика рекомендує визначати за наступною формулою

$$T_{LA} = 0,44 \cdot T_{AA} + 0,56 \cdot T_B + 0,0079 \cdot \alpha \cdot I, \quad (4)$$

де T_{AA} - середньодобова температура навколишнього середовища;

T_B - температура рідини, яка знаходиться нижче поверхневого шару;

α - коефіцієнт поглинання сонячних променів;

I - денна кількість сонячної радіації, Btu (Британська теплова одиниця).

Середньодобова температура навколишнього середовища T_{AA} визначається за формулою

$$T_{AA} = \frac{T_{AX} + T_{AN}}{2}, \quad (5)$$

де T_{AX} - добова максимальна температура;

T_{AN} - добова мінімальна температура.

Температура рідини, яка знаходиться нижче поверхневого шару нафтопродукту знаходиться за наступною формулою

$$T_B = T_{AA} + 6 \cdot \alpha - 1. \quad (6)$$

Слід зазначити, що температури T_{AX}, T_{AN} вибираються із таблиць залежно від географічного положення міст США (в даному випадку при

розрахунках треба співставити географічну широту наших міст - 48^0 та міст США, які мають таку саму географічну широту).

Тиск насичених парів за середньодобової температури поверхневого шару рідини визначаємо за формулою

$$P_{VA} = \exp\left[A - (\frac{B}{T_{LA}}) \right], \quad (7)$$

де А і В – сталі коефіцієнти, які вибираються залежно від виду нафтопродукту.

Коефіцієнт розширення газового простору K_E при відомому географічному розташуванні резервуарного парку визначаємо за наступною формулою

$$K_E = 0,0018 \cdot \left[0,72 \cdot (T_{AX} - T_{AN}) + 0,28 \cdot \alpha \cdot I \right]. \quad (8)$$

У тому випадку, коли географічне положення резервуарного парку невідоме, коефіцієнт розширення газового простору $K_E = 0,04$.

Якщо тиск насичених парів більший 0,1 psi, то більш точна оцінка коефіцієнта розширення газового простору може бути одержана з використанням такої залежності

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}} \succ 0, \quad (9)$$

де ΔT_V - денна різниця температури нагрівання пари;

$\Delta P_V - \Delta P_B$ - перевищення тиску у газовому просторі над допустимим значенням протягом доби;

P_A - атмосферний тиск;

ΔP_V - середньодобовий тиск парів нафтопродукту;

ΔP_B - різниця надлишкового та вакуумного тисків спрацювання механічного дихального клапана.

Якщо $K_E \prec 0,$ то втрат від «малих» дихань не буде.

Денна різниця температури нагрівання пари визначається за наступною формулою

$$\Delta T_V = 0,72 \cdot (T_{AX} - T_{AN}) + 0,28 \cdot \alpha \cdot I. \quad (10)$$

Середньодобовий тиск парів нафтопродукту ΔP_V визначається із залежності

$$\Delta P_V = \frac{0,5 \cdot B \cdot P_{VA} \cdot \Delta T_V}{T_{LA}^{\ 2}}. \quad (11)$$

Різниця надлишкового та вакуумного тисків спрацювання механічного дихального клапана обчислюється за наступною формулою

$$\Delta P_B = P_{BP} - P_{PV}, \quad (12)$$

де P_{BP} - надлишковий тиск спрацювання механічного дихального клапана;

P_{PV} - вакуум спрацювання механічного дихального клапана.

В розрахунках за даною методикою можна прийняти величину ΔP_B рівною $\Delta P_B = 0,06 \ \ psi$.

Коефіцієнт вентиляції насиченої пари – це коефіцієнт, який показує частку середньодобової концентрації парів нафтопродукту від максимально можливої добової концентрації парів нафтопродукту, та розраховується за наступною формулою

$$K_S = \frac{1}{1 + 0,053 \cdot P_{VA} \cdot H_{VO}}. \quad (13)$$

Для оцінювання можливості використання методики EPA для проведення розрахунків втрат нафтопродуктів від випаровування для резервуарних парків України було проведено розрахунки за трьома методиками (М. М. Константинова, норми природних втрат та EPA) для однакових початкових даних.

Розрахунки втрат нафтопродукту від «малих» дихань проведений для резервуара номінальним об'ємом 5000 м^3, що знаходиться на 48^0 північної широти. Розрахунок проводимо для автобензину для таких температурних

умов зберігання: максимальна температура повітря 23^0 С, мінімальна температура повітря10^0 С. Рівень наливу нафтопродукту 1,5 м.

За допомогою розробленої програми, яка написана на мові програмування Visual Basic, проводимо розрахунки за трьома методиками.

У таблиці 1 наведено річні втрати нафтопродуктів від випаровування розрахованих за двома наведеними методиками і також за нормативною методикою. Відмінність нормативної методики від інших двох полягає в тому, що вона дозволяє проводити розрахунки втрат нафтопродуктів від випаровування не помісячно, а в весняно-літній та осінньо-зимовий періоди.

Таблиця 1 - Річні втрати нафтопродуктів від випаровування розрахованих за двома наведеними методиками і нормативною методикою

Показник	Назва методики		
	Методика Константинова	Методика EPA	Нормативна методика
Річні втрати нафтопродуктів, кг	4870,89	5219,06	1560,12

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що результати суттєво відрізняються і найбільше відхилення спостерігається за нормативною методикою. Це пояснюється тим, що в ній не враховані кліматичні особливості, стан поверхні резервуарів, рівень заповнення резервуара нафтопродуктом. Методики М. М. Константинова та EPA, які враховують великий обсяг факторів впливу, можуть застосовуватись для практичних розрахунків, а також при обґрунтуванні вибору засобу захисту від випаровувань при наземному зберіганні на складах нафти і нафтопродуктів.

Методика EPA дає завищені результати, оскільки основне її призначення полягає у визначенні забруднення навколишнього

середовища внаслідок випаровування. Розрахунок за даною методикою проводиться для найгірших умов протягом року.

Складність розрахунку за методикою EPA полягає у тому, що вона розроблена для одиниць вимірювання, які поширені на території Сполучених Штатів Америки, та містить комплекс емпіричних коефіцієнтів, визначених для обмежених умов (кліматичні умови США, властивості нафтопродуктів, що відповідають стандартам країни і т.п.), визначає втрати нафтопродуктів від випаровувань при середньому рівні заповнення резервуара та у добу найвищих температурних показників. Проте досвід європейських країн свідчить про можливість використання її не тільки на Американському континенті.

Вивчення та адаптація методики EPA дасть можливість гармонізувати нормативну базу України у галузі зберігання нафтопродуктів та захисту навколишнього середовища від їх випаровування із європейською. Напрямком подальших досліджень є вивчення аналогічних методик, які діють у країнах Європейського Союзу.

Література

1. Абузова Ф. Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова, И. С. Бронштейн, В. Ф. Новоселов.– М.: Недра, 1981. - 248 с.
2. Нормы естественной убыли нефтепродуктов при приеме, хранении, отпуске и транспортировке, Госснаб СССР, Постановление от 26.03.86 №40.
3. Дорошенко Ю. І. Огляд сучасних методик розрахунків втрат нафтопродуктів від випаровування при зберіганні у наземних резервуарах / Ю. І. Дорошенко, Н. В. Люта. - Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2012. - № 3 (33). – С. 81-90.

4. API Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.1, Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks, Fourth edition, 2010.
5. API MPMS Chapter 19.1, Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks, (formerly API Publication 2518), Second Edition, October 1991.
6. API MPMS Chapter 19.1, Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks, Third Edition, March 2002.
7. API Publication [MPMS Chapter] 19.1D, Documentation File for API Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.1 – Evaporative Loss from Fixed Roof Tanks, [API Bulletin 2518], First Edition, March 1993.