

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМИХ ВИКИДІВ ВУГЛЕВОДНІВ НАФТИ З РЕЗЕРВУАРІВ В АТМОСФЕРУ

Д.В. Лісафін

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 502506
e-mail: tzng@nung.edu.ua

Предлагается современный подход к определению выбросов паров нефти из резервуаров нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов. Предложена методика определения удельных выбросов (показателей эмиссии) паров углеводородов из резервуаров в атмосферу с учётом основных технологических особенностей их эксплуатации и физических свойств нефти/

The modern approach to determination oils vapor emissions from main oil pipeline pumping station reservoirs has been introduced. Methods of specific emissions determination of the hydrocarbon vapors from reservoir to atmosphere taking to consideration the main technological particularities of their usages and oils physical characteristic are offered.

Щорічно за різними оцінками в атмосферу планети надходить від 50 до 90 млн. тонн вуглеводнів. Значна частка цих викидів припадає на підприємства нафтогазовидобувної, нафтопереробної та нафтотранспортної галузей промисловості.

У процесі транспортування нафти магістральними нафтопроводами при існуючих технологіях перекачування найбільшого забруднення атмосферне повітря зазнає внаслідок випаровування парів вуглеводнів при різного виду „дыханнях” резервуарів нафтоперекачувальних станцій, особливо при їх заповненні та випорожненні. Випаровування нафти супроводжуються зменшенням початкової її кількості та кількості одержаних із неї нафтопродуктів. Крім того, погіршуються фізико-хімічні властивості сировини та нафтопродуктів; відбувається забруднення навколишнього середовища; підприємства з транспортування, зберігання та реалізації нафти і нафтопродуктів несуть фінансові витрати.

Одержання достовірної інформації про викиди забруднюючих речовин в атмосферу, відоме як “інвентаризація викидів”, базується на певних правилах, які, проте, можуть варіюватися від однієї інвентаризації до іншої. Крім того, підходи до інвентаризації та методики оцінки викидів у різних країнах можуть бути різними. Це призводить до того, що дані про викиди важко порівнювати і приводити до однієї системи оцінки.

На міжнародному рівні спроби гармонізації правил інвентаризації викидів між різними міжнародними організаціями – Європейською Комісією, Економічною Комісією ООН для Європи, Міжурядовою групою експертів по зміні клімату (МГЕЗК), Євростатом, Міжнародним Енергетичним Агентством й іншими – здійснюються впродовж тривалого часу. Одночасно з цим ведеться робота з вдосконалення методології оцінки викидів із різних джерел.

Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату здобула принципово нову економічну спрямованість після прийняття всіма сторонами Конвенції у грудні 1997 р. Кіотського Протоколу.

Економічна та інвестиційна основа механізмів спільного виконання зобов'язань Протоколу, у тому числі можливість спільного здійснення природозахисних проєктів, торгівля квотами на викиди створюють необхідність оперувати з більш точними та стандартним чином визначеними значеннями викидів. Стаття 5 Кіотського Протоколу як обов'язкову вимогу висуває створення “...національної системи оцінювання антропогенних викидів парникових газів від джерел та їх поглинання стоками” не пізніше, ніж за рік до першого періоду зобов'язань по Протоколу, тобто до 2007 р.

На початковому етапі цієї діяльності можуть бути проведені в обмеженому масштабі експерименти або демонстраційні проєкти з оцінки можливостей та пошуку оптимальних схем реалізації цієї задачі. Це зобов'язання називають “створенням системи моніторингу парникових газів”, що у принципі вірно, якщо під словом “моніторинг” розуміти не тільки практичні вимірювання, але і різні види розрахункових оцінювань викидів.

Основні базові методики з оцінювання втрат нафти [1, 2, 3, 4], а отже і викидів парів нафти в атмосферу, радянських та російських вчених є доволі складними і громіздкими, а при визначенні викидів розрахунковим шляхом для технологічних процесів однієї спрямованості використовуються різноманітні методології, внаслідок чого результати розрахунку мають різний ступінь достовірності і не піддаються співставленню. Окрім того, для виконання розрахунків потрібен значний перелік вихідних даних, причому визначення деяких з них потребує багато часу та спеціального обладнання для їх визначення. Крім того, в деяких випадках вказані методики дають велику похибку при порівнянні розрахункових та практичних втрат нафти від випаровування.

Аналіз закордонних публікацій з цієї теми засвідчив, що оцінювання втрат за кордоном зводиться до підстановки у емпіричні рівняння значень вантажообігу, деяких показників властивостей нафти та емпіричних коефіцієнтів, які мають відомі значення.

У запропонованій нами методиці показники питомих викидів забруднюючих речовин (показників емісії) можуть бути використані усереднені викиди парів нафти в атмосферне повітря на одиницю маси нафти, яка проходить через резервуар.

При розробці методики розрахунку показників емісії зроблені такі припущення:

– резервуари абсолютно герметичні для газоповітряної суміші (за винятком роботи дихальної арматури при "диханнях" ємності);

– концентрація парів нафти у всіх точках газового простору резервуарів приблизно однакова;

– газоповітряна суміш підпорядковується законам ідеальних газів;

– середня інтенсивність випаровування нафти протягом тривалих періодів визначається її середньою температурою в ємності.

Теоретичними основами методики розрахунку питомих викидів із резервуарів вертикальних сталевих (РВС) можуть бути класичне рівняння стану ідеального газу та співвідношення матеріальних балансів при викидах вуглеводнів в атмосферу з резервуарів із нафтою.

Для визначення маси парів нафти, яка витискується з газового простору резервуара (ГП) в атмосферу, як "базову" залежність використаємо класичне рівняння втрат від випаровування, запропоноване Н.Н. Константиновим [3]

$$M = \left[V_1 \frac{(1-c_1)P_1}{T_1} - V_2 \frac{(1-c_2)P_2}{T_2} \right] \frac{c}{1-c} \frac{\mu}{R_*}, \quad (1)$$

де: V_1, c_1, P_1, T_1 – об'єм газового простору резервуара, концентрація парів нафтопродукту, абсолютний тиск та температура у газовому просторі на початок процесу випаровування нафти у закритій ємності, відповідно;

V_2, c_2, P_2, T_2 – об'єм газового простору резервуара, концентрація парів нафтопродукту, абсолютний тиск та температура у газовому просторі в кінці процесу випаровування, що розглядається відповідно;

c – середня концентрація парів нафти в процесі випаровування;

μ – молярна маса парів нафти;

$R_* = 8314$ Дж/(кг·К) – універсальна газова стала.

Цим рівнянням описується залежність маси парів нафти, яка витискається через дихальну арматуру резервуарів, від параметрів процесу V, T, P на початку та в кінці процесу, концентрації парів у стані повного насичення газового простору та властивостей нафти.

Основну частку у складі сумарних викидів парів нафти в атмосферне повітря при здійсненні технологічних операцій у резервуарних парках складають викиди при так званих "великих диханнях", які супроводжують процеси випорожнення та заповнення резервуарів.

Будемо вважати, що процес закачування нафти в резервуар є короточасним (порівняно з терміном зберігання), тому можна прийняти, що

$$P_1 \approx P_2 = P \quad \text{і} \quad T_1 \approx T_2 = T. \quad (2)$$

Якщо це так, то згідно із законом Дальтона концентрації парів нафти у газовому просторі резервуара до закачування та після закачування також будуть однаковими. Тобто $c_1 \approx c_2 = c$, і рівняння (1) набуде вигляду

$$M = (V_1 - V_2) \frac{P}{T} c \frac{\mu}{R_*}. \quad (3)$$

Таким чином, втрати нафти від "великих дихань" у резервуарах типу РВС в основному залежать від об'єму рідини, що закачується в резервуар, а також від параметрів газоповітряної суміші P, T, c і молярної маси нафти μ .

Об'ємна концентрація парів нафти в газоповітряній суміші визначається за законом Дальтона

$$c = \frac{P_{ST}}{P}, \quad (4)$$

де P_{ST} – тиск насичених парів нафти за температури поверхневих шарів нафти T (приймаємо її приблизно рівною середній температурі нафти в резервуарі).

З урахуванням рівняння (4) вираз (3) при $V_1 - V_2 = 1 \text{ м}^3$ (тобто на 1 м^3 закачаної в резервуар нафти) набуде такого вигляду:

$$M = P_{ST} \frac{\mu}{R_*} \frac{1}{T}. \quad (5)$$

Як математична модель для залежності пружності парів від температури пропонується експоненціальна залежність вигляду

$$P_{ST} = P_{S38} \exp[k(t-38)], \quad (6)$$

де: P_{S38} – пружність парів нафти за стандартних умов випробування у "бомбі" Рейда (температура нафти 38°C , співвідношення фаз 1:4);

k – емпіричний коефіцієнт, що визначається для кожного сорту нафти за даними експериментальних досліджень;

t – температура нафти, $^\circ\text{C}$;

38 – температура нафти, $^\circ\text{C}$.

Як показали проведені експериментальні дослідження, за якими молярна маса нафти визначається з рівняння стану за відомої густини газоповітряної суміші, її значення для сортів нафти, що транспортуються нафтопроводами України, змінюються незначно і в середньому дорівнює $\mu = 78$ кг/кмоль. Приблизно таке значення рекомендують приймати розробники методики [2].

Враховуючи прийняте значення молярної маси, вираз для визначення тиску насичених парів (6), а також чисельне значення універсальної газової сталої залежність (5) можна записати у вигляді:

$$M = \frac{9,38}{t+273} P_{S38} \exp[k(t-38)], \quad (7)$$

де $9,38$ – чисельний коефіцієнт, значення якого визначається молярною масою парів нафти та вибором системи одиниць.

Додатково у вираз (7) уведемо коефіцієнти, що враховують ефективність засобів скорочення втрат у резервуарі, а також режим роботи резервуара.

Тоді питомий викид парів нафти (кг на тону нафти, що проходить через резервуар або зберігається у ньому) буде визначатися за формулою

$$M = \frac{9,38}{\rho_t} \frac{(1-n)}{t+273} \cdot k_1 P_{s38} \exp[k(t-38)] \text{ кг/т, (8)}$$

де: ρ_t – густина нафти за температури зберігання у резервуарі;

n – коефіцієнт ефективності засобів скорочення втрат;

k_1 – коефіцієнт, що враховує режим роботи резервуара та його технічне оснащення.

Для оцінювання об'ємів викидів шкідливих речовин, у тому числі і з об'єктів нафто-транспортної галузі, в Європейському Союзі прийнята методологія CORINAIR [5], тому об'єктами інвентаризації шкідливих речовин у галузі транспортування та зберігання нафти повинні бути прийняті викиди в атмосферу метану (CH_4) та неметанових летких органічних сполук (НМЛОС).

Вміст забруднювальних речовин у складі викидів (метану та НМЛОС) може бути визначений за формулою

$$M_i = x_i \cdot M, \quad (9)$$

де x_i – частка i -ої забруднюючої речовини у викидах, що визначається для кожного сорту нафти окремо.

Запропонований підхід у визначенні показників емісії підтверджується результатами інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин на об'єктах нафтотранспортної системи (хроматографічного аналізу газоповітряних сумішей та їх витратами через дихальну арматуру резервуарів) і може бути співставлений із рекомендаціями CORINAIR [5] щодо викидів з аналогічного технологічного обладнання в країнах Європейського Союзу.

Отримані за допомогою питомих показників викидів валові викиди, окрім використання їх при проведенні інвентаризації забруднюючих речовин, можуть використовуватися при довгостроковому плануванні і розробці заходів зі зниження обсягів викидів, визначенні питомих капітальних вкладень і експлуатаційних витрат на заходи з охорони довкілля від забруднення.

Література

1 Тугунов П.Г., Ткачев О.А. Сокращение потерь нефти при транспорте и хранении. – М.: Недра, 1988. – 118 с.

2 Сборник методик по расчёту выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометиздат, 1986.

3 Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 260 с.

4 Абузова Ф.Ф., Бронштейн И.С., Новосёлов В.Ф., Ржавский Е.Л., Фокин М.Н. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении. – М.: Недра, 1981. – 248 с.

5 EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Technical report №30. – European Environment Agency, 2004.

Міжнародна науково-практична конференція

ЕКОТУРИЗМ І СТАЛИЙ РОЗВИТОК У КАРПАТАХ

м. Рахів
(9 – 12 жовтня 2007 р.)

Оргкомітет конференції

Карпатський біосферний заповідник,
90600, м. Рахів, а/с 8

<http://cbr.nature.org.ua>
cbr@rakhiv.ukrtel.net
тел. (03132) 22193
т./ф. (03132) 22632

Тематика конференції:

- Екотуризм у контексті рамкової конвенції „Про охорону і сталий розвиток Карпат”
- Значення екотуризму для соціально-економічного розвитку територіальних громад
- Роль лісів для розвитку туризму
- Особливості розвитку екотуризму на природоохоронних територіях
- Екотуризм і збереження біорізноманіття
- Еколого-освітня робота як важлива складова частина екотуризму
- Проблеми менеджменту екотуристичної діяльності у горах