

УДК 504.05:504.06(045)

О. І. ЗАПОРОЖЕЦЬ, С. О. ПУЗІК, С. В. КАРПЕНКО, К. В. СИНИЛО,
А. В. ВАРЕНИК

Національний авіаційний університет, Україна

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ІЗ РЕЗЕРВУАРІВ СКЛАДІВ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Окреслено проблему методичного забезпечення інвентаризації викидів забруднювальних речовин із резервуарів складів пально-мастильних матеріалів. Запропоновано методики, що дозволяють якісно та кількісно визначати викиди на таких складах, а також розраховувати їх граничні концентрації. Представлено концепцію впливу застосування запропонованих методик на кількісну калькуляцію викидів на об'єктах з пально-мастильними матеріалами

Ключові слова: авіаційний транспорт, склад ПММ, резервуар, забруднювальні речовини, інвентаризація, гранично допустимі викиди.

Вступ. Державне статистичне спостереження за викидами забруднювальних речовин та парникових газів у повітря від пересувних джерел (транспортних засобів) здійснюється з метою отримання повної та достовірної статистичної інформації про забруднення атмосфери, як для національних потреб, так і для відображення стану виконання міжнародних зобов'язань країни в зв'язку з ратифікацією «Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані», Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі й Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату[1].

Інвентаризація (лат. «опис») — перевірка наявності та стану матеріальних цінностей за місцем зберігання.

Інвентаризація викидів із резервуарів складів пально-мастильних матеріалів (ПММ) в атмосферне повітря — це систематизація кількості та компонентного складу викидів, спрямована на охорону довкілля.

Гранично допустимі викиди (ГДВ) — це кількість шкідливих речовин під час викиду в повітря за одиницю часу, що не повинна бути перевищена, щоб концентрація забруднення на межі санітарної зони не була вищою, ніж гранично допустима концентрація (ГДК). ГДВ шкідливих речовин визначається за формулою

$$\text{ГДВ} = K \cdot \text{ГДК},$$

де K — коефіцієнт викинутого за одну секунду забруднення до допустимої норми; ГДК — гранично допустима концентрація шкідливих речовин, мг/м^3 .

Інвентаризація викидів забруднювальних речовин в атмосферу повітря здійснюється відповідно до Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України №7 від 10.02.1995р. «Про затвердження Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві». В інструкції надані методичні вказівки щодо відповідності змісту та правил оформлення необхідних документів для створення звіту з інвентаризації викидів забруднювальних речовин. Водночас вищезгадана інструкція не включає методику розрахунку викидів забруднень при технологічному процесі зберігання (ПММ), тобто викидів із резервуарів.

Постановка проблеми. Ще два десятиліття тому розрахунки викидів забруднювальних речовин у повітря від транспорту здійснювалося трьома окремими методиками для автомобільного залізничного, авіаційного та водного транспорту за шістьма групами хімічних речовин (оксидами вуглецю та азоту, вуглеводнями, діоксидом сірки, леткими органічними сполуки, технічним вуглецем). В основу цих розрахунків були покладені статистичні дані щодо споживання палива двигунами внутрішнього згорання авто, залізничним, водним, авіаційним транспортом, а також питомі викиди забруднювальних речовин, які надходять у повітря від використання 1 тонни палива.

У 2007 році до вищезгаданих методик внесені суттєві зміни та доповнення та розроблений новий порядок розрахунку, яким передбачене охоплення статистичним обліком викидів забруднювальних речовин та парникових газів.

Роботи з удосконалення методик з урахуванням керівництва ЕМЕР/ЕЕА від 2013р. із інвентаризації викидів забруднювальних речовин (раніше іменоване Керівництвом із інвентаризації викидів забруднювальних речовин ЕМЕР/CORINAIR) вміщують правила оцінювання викидів забруднювальних речовин, як від антропогенних, так і природних джерел, продовжується й зараз [2].

Мета даної роботи є удосконалення існуючих методик розрахунку забруднення атмосфери викидами із резервуарів складу ПММ для подальшої інвентаризації з розрахунком гранично допустимих викидів.

Основна частина. Основними антропогенними (шкідливими) джерелами забруднення атмосферного повітря в Україні є організовані стаціонарні джерела (48,5 %), пересувні засоби (33,0 %), неорганізовані стаціонарні джерела (5,8 %) та очисні споруди (12,7 %). Резервуари складів ПММ належать до стаціонарних джерел забруднення атмосфери [3–5].

При зберіганні ПММ в резервуарах їх викиди від випаровування відбуваються в результаті «малих дихань», «великих дихань», «зворотного видиху» і вентиляції газового середовища.

«Малі дихання» спричиненні добовими змінами температури навколишнього середовища. При збільшенні температури навколишнього повітря відбувається нагрівання нафтопродукту, що зберігається в резервуарі, температура й тиск в газовому середовищі підвищуються. Коли розрахунковий тиск дихального клапана перевищено, пароповітряна суміш викидається у атмосферу.

Викиди від «малих дихань» можна обчислити кількісно (в тоннах за рік) за емпіричною формулою:

$$G_{m.d.}^p \approx 1,37 p_y D^{1,8} K_H K_0 \rho \cdot 10^5,$$

де P_y — тиск насиченої пари при середньорічній температурі повітря, Па; D — діаметр резервуара, м; K_H — коефіцієнт який враховує висоту газового простору (в метрах) $K_H = 0,175(0,328H + 5^{0,57} - 0,1)$; K_0 — коефіцієнт, що враховує вплив пофарбування резервуара (при алюмінієвому пофарбуванні $K_0 = 1$, білому $K_0 = 0,75$; $K_0 = 0,75$, без пофарбування — $K_0 = 1,25$); ρ — густина нафтопродукту, т/м³.

Викиди від «великих дихань» зумовлені витісненням пароповітряної суміші в атмосферу через дихальний клапан при наповненні резервуарів.

Орієнтовно річні втрати від «великих дихань» $G_{v.d.}^p$ можна визначити за емпіричною формулою:

$$G_{v.d.}^p \approx 430 p_y V K_f \rho,$$

де V — річний об'єм реалізації нафтопродукту, м³/рік; K_f — коефіцієнт, який вказує на оборотність резервуарів ($K_f=1$ при $\Pi=1-40$; $K_f=0,8$ при $\Pi=40-60$; $K_f=0,5$ при $\Pi=60-100$).

Викиди, пов'язані зі «зворотним виходом», відбуваються під час викачування нафтопродукту з резервуара. При насиченні повітря випарами нафтопродукту тиск в газовому середовищі збільшується до значення, на яке розрахований дихальний клапан, з'являється «зворотний видих», тобто витіснення пароповітряної суміші.

При розрахунках викидів від «зворотного видиху» можна приймати 10% від викидів при «великих диханнях».

Викиди при вентиляції газового середовища спричиняються порушенням герметичності резервуарів, які можна наближено визначити (в кілограмах на добу) за формулою

$$G_V = V_V \cdot c \cdot \gamma_V,$$

де V_V — об'єм пари, що викидається з резервуара при вентиляції газового середовища, м³/добу;

$$V_V = 86400 \mu F \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}} \cdot c \cdot \gamma_V,$$

де μ — коефіцієнт викидів пари через отвір; F — площа отвору, м²; g — прискорення вільного падіння, м/с²; p — тиск, під яким відбувається вихід пароповітряної суміші, що дорівнює різниці ваги стовпів висотою H пароповітряної суміші γ_c і повітря γ_p :

$$p = H(\gamma_c - \gamma_p),$$

де p — тиск нафтопродукту на резервуар; c — концентрація випарів [6].

Визначення викидів із резервуарів складу ПММ. Максимальне значення приземної концентрації c_m , мг/м³, при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан з резервуару на відстань X_m , м, за якого вона досягається під час несприятливих метеорологічних умов, визначається як:

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot (V_i \cdot \Delta T)^{1/3}}, \quad (1)$$

де A — коефіцієнт, що визначає умови горизонтального й вертикального розсіювання. Для України $A=160$; M — маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу, г/с; F — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (1–2); m і n — коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші через дихальний клапан резервуару; η — безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок (для рівної місцевості $\eta=1$); H — висота джерела викиду над рівнем землі, м; V_i — витрата газоповітряної суміші м³/с, визначається за формулою:

$$V_i = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0,$$

де D — діаметр дихального клапана, м; ω_0 — середня швидкість виходу газоповітряної суміші з дихального клапана, м/с; ΔT — різниця між температурою газоповітряної суміші T_h і температурою навколишнього повітря T_p , $\Delta T = T_h - T_p$.

Для визначення коефіцієнта m необхідно розрахувати параметр f :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}},$$

$$\text{де } f = 10^2 \frac{\omega^2}{H^2 \cdot \Delta T}.$$

Для визначення коефіцієнта n необхідно розрахувати параметр V_m :

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13,$$

$$\text{де } V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_t \cdot \Delta T}{H}}.$$

Підставляючи дані у формулу(1), можемо визначити приземні концентрації c_m , при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан із резервуару[7].

Далі визначаємо величину X_m (відстань, м):

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H,$$

$$\text{де безрозмірний коефіцієнт } d = 4,95 \cdot V_m \cdot \left(1 + 0,28 \cdot f^{\frac{1}{3}}\right)$$

У формулі (1) в прихованій формі входить швидкість вітру, який впливає на розсіювання домішок. Чим більше швидкість вітру, тим більше турбулентність атмосфери й тим інтенсивніше поширюються ці домішки в навколишньому середовищі. В той же час зі збільшенням швидкості вітру зменшується висота факела над дихальним клапаном резервуара. Небезпечна швидкість вітру є метеорологічним чинником і може мати різні чисельні значення для кожного джерела викиду залежно від його характеру.

Розрахунок викидів з резервуарів складів ПММ за комплексною системою ЕМЕР/CORINAIR. Розрахунок викидів вуглеводнів (НС) в результаті експлуатації резервуарів складу ПММ в межах моделі PolEmitCa було виконано згідно з методикою «Методичні вказівки для визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу з резервуарів» (з урахуванням доповнень НДІ від 2005, 2010р.). Склад ПММ містить 5 резервуарів з паливом. Всі резервуари мають дихальну апаратуру й необхідне технологічне обладнання. Вихідні дані до розрахунків наведені в табл.1 [8].

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку

Тип ПММ	Типорозміри резервуару, м		Характеристика резервуару	Продуктивність подавання палива, м ³ /год	Об'єм резервуару, м ³	Кількість резервуарів, шт.
	Діаметр	Висота				
Реактивне паливо	40	15	Наземна ємність	180	19000	5

Обчислення викидів вуглеводнів (НС) внаслідок експлуатації 5 резервуарів складу ПММ в межах моделі PolEmiCa наведені в табл. 2.

Розрахунок гранично допустимого викиду. ГДВ, ГДК й гранично допустиме екологічне навантаження (ГДЕН) є критеріями оцінювання якості навколишнього середовища.

Таблиця 2

Результати обчислення викидів забруднювальних речовин із резервуарів

Забруднювальна речовина (ЗР)		Масовий викид ЗР, г/с	Валовий викид, т/рік
Код	Назва		
2704	НС(випаровування реактивного палива)	0,3136	0,491409

ГДВ (мг/с) — обсяг забруднень, що припадає на одиницю часу навколишнього середовища, перевищення якого призведе до несприятливих екологічних наслідків [3–4].

ГДК (мг/м³) — максимальна кількість шкідливих речовин, що знаходиться в одиниці об'єму й майже не впливає на здоров'я людини.

ГДЕН — граничне значення господарського або реакційного навантаження на навколишнє середовище, що встановлюється з урахуванням наповнення природного середовища, готовності до саморегуляції й відновлення.

ГДВ визначається як:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - c_{fon}) \cdot H^2 \cdot \sqrt{V_i \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta},$$

c_{fon} — фонові концентрації забруднювальних речовин (діоксиду азоту, оксиду вуглецю), мг/м³.

Висновки

Розрахунки викидів від «малих» і «великих дихань», «зворотного видиху» та вентиляції газового середовища резервуарів надають можливість уточнити кількісну інвентаризацію забруднень.

Запропонована методика розрахунку викидів із резервуарів складу ПММ дозволяє якісно інвентаризувати викиди забруднень в атмосферу.

Розроблена в Національному авіаційному університеті методика обчислення викидів з резервуарів з урахуванням комплексної системи ЕМЕР/CORINAIR дозволяє отримати уточнені кількісні дані, відповідає вимогам ICAO та верифікується робочою групою «Моделі й бази даних» комітету ICAO з навколишнього середовища (CAEP).

Розрахунок гранично допустимої концентрації резервуарної групи складу ПММ дозволяє оцінити рівень забруднення навколишнього середовища та його вплив на здоров'я працівників.

Список літератури

1. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємствах // Наказ Міністерства охорони навколиш-

нього природного середовища та ядерної безпеки України № 7 від 10.02.1995 р. — К.: 1995.

2. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. — Режим доступу: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.

3. Mazaheri M., An inventory of particle and gaseous emissions from large aircraft thrust engine operations at an airport / M. Mazaheri, G.R. Johnson, L. Morawska // Atmospheric Environment. — Vol. 45, Issue 20, June 2011. — P. 3500–3507.

4. Alper Unal. Airport related emissions and impacts on air quality: Application to the Atlanta International Airport/ Unal Alper, YongtaoHuMichael, E.Chang, M.Talat Odman, Armistead G.Russell // Atmospheric Environment. — Vol. 39, Issue 32, October 2005. — P. 5787–5798.

5. Єріна А. Статистична оцінка рівня забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами / А. Єріна, О. Линюк // — Наукові записки. Спеціальний випуск. Економіка. Том 19. — К.: НаУКМА. — 2001. — С. 376–381.

6. Пузік С. О. Технологічні процеси з пально-мастильними матеріалами: підручник / С. О. Пузік, Є. О. Баканов, В. І. Терьохін, В. Ф. Опанасенко // — К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2002. — 256 с.

7. Методичні вказівки до практичних занять, виконання РГР та самостійної роботи студентів з дисциплін «Моніторинг довкілля, екологія та охорона біосфери», «Моніторинг довкілля та охорона навколишнього середовища» (для студентів 3 курсу денної і заочної форми навчання за напрямами підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Дегтерева Л.І., Булгакова О.В. — Х.: ХНАМГ. — 2009. — 24 с.

8. Розроблення засобів еколого-економічної оптимізації багатокритеріальної оцінки збалансованого розвитку авіаційної діяльності в Україні / Звіт НДР №990-ДБ-15 — К.: НАУ. — 2015. — С. 107–112.

Стаття надійшла до редакції 14.11.2017

Запорожець Олександр Іванович — доктор техн. наук, професор, директор Навчально-наукового інституту Екологічної безпеки Національного авіаційного університету

Пузік Сергій Олексійович — канд. техн. наук, професор Національного авіаційного університету, s.puzik@email.ua

Карпенко Сергій Володимирович — науковий співробітник Національного авіаційного університету, karpenko_serg@ukr.net

Синило Катерина Вікторівна — канд. техн. наук, доцент НАУ

Вареник Андрій Валерійович — провідний інженер лабораторії ТО ПММ Національного авіаційного університету, koliyh@ukr.net

O. I. ZAPOROZHETS, S.O. PUZIK, S. V. KARPENKO, K. V. SYNYLO, A. V. VARENYK

INVENTORY OF CONTAMINATION SUBSTANCES EMISSIONS FROM FUEL TANKS IN FUELS AND LUBRICANTS STORAGE

This article shows how contamination emissions in storages calculated. The imperfection of different methods of emissions inventory was identified. It was found that regulations are supplemented by new criterias. In this work proposed to use different types of reservoirs emissions, which are emissions during filling, exploitation, storing and pumping tanks. Observance of quality assurance processes of preparation for processing aircraft with anti-icing liquid affects the operational efficiency of aviation technique. The current level of emissions determining involves necessary using provisions of complex system EMEP/CORINAIR. The methods, allowing qualitatively and quantitatively to calculate the emissions in fuels and lubricants storages, and also to determine their limiting concentrations, are offered. The concept of the influence of the proposed methods on the quantitative calculation of emissions from fuel and lubricant objects is presented.

Keywords: aviation transport, fuels and lubricants storage, tank, emissions, contamination substances, inventory, maximum allowable emissions.

References

1. Instruktsiia pro zmist ta poriadok skladannia zvituv provedennia inventaryzatsii vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn na pidpriemstvakh // Nakaz Ministerstva okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha ta yadernoi bezpeky ukrainy № 7 vid 10.02.1995 r. — K.: 1995.

2. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. — Rezhym dostupu: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.

3. Mazaheri M., An inventory of particle and gaseous emissions from large aircraft thrust engine operations at an airport / M. Mazaheri, G.R. Johnson, L. Morawska // Atmospheric Environment. — Vol. 45, Issue 20, June 2011. — P. 3500–3507.

4. Alper Unal. Airport related emissions and impacts on air quality: Application to the Atlanta International Airport/ Unal Alper, YongtaoHuMichael, E.Chang, M.Talat Odman, Armistead G.Russell // Atmospheric Environment. — Vol. 39, Issue 32, October 2005. — P. 5787–5798.

5. Yerina A. Statystychna otsinka rivnia zabrudnennia atmosferneho povitria statsionarnymy dzherelamy / A. Yerina, O.Lyniuk // — Naukovi zapysky. Spetsialnyi vypusk. Ekonomika. Tom 19. — K.: NaUKMA. — 2001. — S. 376–381.

6. Puzik S. O. Tekhnolohichni protsesy z palno-mastylnymy materialamy: pidruchnyk / S. O. Puzik, Ie. O. Bakanov, V. I. Terokhin, V. F. Opanasenko // — K. : Vyd-vo nats. aviats. un-tu «NAU-druk», 2002. — 256 s.

7. Metodychni vkazivky do praktychnykh zaniat, vykonannia RHR ta samostiinoi roboty studentiv z dystsyplin «Monitorynh dovkillia, ekolohiia ta okhorona biosfery», «Monitorynh dovkillia ta okhorona navkolyshnoho seredovyscha» (dlia studentiv 3 kursu dennoi i zaochnoi formy navchannia za napriamamy pidhotovky 6.060103 «Hidrotekhnika (Vodni resursy)») / Khark. nats. akad. misk. hosp-va; uklad.: Dehtereva L.I., Bulhakova O.V. — Kh.: KhNAMH. — 2009. — 24 s.

8. Rozroblennia zasobiv ekoloho-ekonomichnoi optymizatsii bahatokryterialnoi otsinky zbalansovanoho rozvytku aviatsiinoi diialnosti v Ukraini / Zvit NDR №990-DB-15 — K.: NAU. — 2015. — S.107–112.