

19. Prado M.T., Pereira A., Pérez J.A., Mathia T.G. Methodology for tool wear analysis by a simple procedure during milling of AISI H13 and its impact on surface morphology. *Procedia Manufacturing*, 2017, vol. 13, pp. 348-355. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.090.
20. Palei M. M. *Tekhnolohyia proyzvodstva prysposobljeni, press-form y shtampov* [Technology of production of devices, compression molds and stamps]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1979. 293 p. (Rus.)
21. Bokov V.M. *Konstruiuvannia ta vyhotovlennia shtampiv. Shtamp yak ob'iekt proektuvannia: navchalnyi posibnyk* [Design and manufacture of dies. Stamp as an object of design: a textbook]. Kirovohrad, Polihrafichno-vydavychyi TOV «Imeks-LTD» Publ., 2005. 216 p. (Ukr.)
22. Mendelson V.S., Rudman L.Y. *Tekhnolohyia yzghotovleniia shtampov y press-form* [Technology of production of stamps and molds]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 207 p. (Rus.)
23. Ivashchenko V.Yu. Analiz prychn razrusheniia hraviuri y povisheniia stoikosti shtampovoho ynstrumenta yz staly 5KhNM s pomoshchiu TTsO [Analysis of the engraving destruction causes and the increase in the 5CrNiMo steel die-tool life using thermocycling process (TCP)]. *Zakhyst metalurhiinykh mashyn vid polomok – Protection of metallurgical machines from breakdowns*, Mariupol, 2006, vol. 9, pp. 46-49. (Rus.)
24. Dudetskaia L.R., Orlov Yu.H. *Materyaly u tekhnolohyy yzghotovleniia lytoho shtampovoho ynstrumenta* [Materials and technologies for the manufacture of cast die tools]. Mynsk, Belarus. navuka Publ., 2010. 171 p. (Rus.)
25. Lyhdenov B.D., Kharaev Yu.P., Hreshylov A.D. *Termotsyklyrovanye. Struktura y svoistva* [Thermocycling. Structure and properties]. Barnaul, AltSTU Publ., 2014. 251 p. (Rus.)
26. Ivashchenko V.Yu., Cheiliakh A.P. Ispol'zovanie termociklirvaniya dlya obrabotki shtampov [Using the thermocycling to dies processing]. *Visnik Priazovs'kogo Derzhavnogo Tekhnichnogo Universitetu. Serii: Tekhnichni nauki – Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences*, 2011, vol. 22, pp. 108-112. (Rus.)

Рецензент: А.В. Кальянов
д-р мед. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 15.04.2021

УДК 628.4.061-08:622.807.8:656.614.35

doi: 10.31498/2225-6733.42.2021.240680

© Кухар В.В.*

ОЦІНКА ПИЛОУТВОРЕННЯ НА ВІДКРИТИХ ТЕРМІНАЛАХ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ ТА ЗБЕРІГАННІ ВУГІЛЛЯ

Проаналізовано стан перевалки кам'яного вугілля у морських портах України у 2019-2020 рр., умови його перевантаження та зберігання з точки зору викидів в атмосферне повітря вугільного пилу та негативного впливу на працівників, навколишнє середовище, прилеглі житлові та селбишні зони, робочі машини і механізми. Визначені розрахункові параметри для оцінки викидів пилу при перевантаженні вугілля грейферним способом та зберіганні на відкритих складах терміналів морських портів України. Виконано оцінку кількості вугільного пилу, який викидається у атмосферне повітря при перевантаженні і відкритому зберіганні кам'яного вугілля, для загальних масштабів перевалки у морських портах України у вказані роки. Показані перспективи розробки та застосування методів і засобів зменшення кількості пилу при перевантаженні і зберіганні кам'яного вугілля у морських портах.

Ключові слова: кам'яне вугілля, перевантаження, зберігання, викиди вугільного пилу, пилоутворення, морські порти, відкриті склади, грейферний спосіб.

* д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, ORCID: 0000-0002-4863-7233, kvv.mariupol@gmail.com

V.V. Kukhar. Assessment of dust formation at the open seaport terminals during coal handling and storage. The state of coal handling (transshipment) in the seaports of Ukraine for the last years (2019-2020) has been considered. The conditions of coal reloading and storage in terms of coal dust emissions (dust formation) into the air and their negative impact on the health of workers, on the environment state, on adjacent residential areas and settlement zones, on the work of port equipment, machinery and mechanisms have been analyzed. The scale and prospects of coal mining, development of coal energy and coal consumption in the world and in Ukraine have been shown; the priorities of protection of the person and environment by the methods of dust formation reduction at coal transshipment and storage have been defined. It has been revealed that the existing methods for calculating dust emissions during coal handling, transshipment and open storage, which are currently used, are outdated and must be developed. The necessity to keep strictly to the sanitary legislation and maintain the sanitary protection zones of the proper sizes has been shown. The calculated parameters for dust emissions estimation during the coal transshipment by grab method and storage in the open warehouses of the seaports of Ukraine and the State Enterprise «Mariupol Sea Commercial Port» have been determined. The calculations take into account the factors of coal humidity, conditions of its reloading and storage (average discharge height, grab method, open warehouses on four sides) and climatic conditions (wind speed). The amount of coal dust emitted into the atmosphere during the overloading by the grab method and storage of the coal in the open warehouses of seaport terminals has been estimated. As a result, it has been shown that in transporting coal over Ukraine in 2019 at least 21 tons of coal dust have been formed, and in 2020 – not less than 15.4 tons of coal dust have been formed. Respectively, in the scale of the State Enterprise «Mariupol Sea Commercial Port» transportation in 2020, about 3.26 tons of coal dust have been formed. Thus, it has been shown that the development of methods and means to reduce the amount of dust during transshipment and storage of coal in seaports is a promising area of research.

Keywords: coal, transshipment, handling, storage, coal dust emissions, dust formation, seaports, open warehouses, grab method.

Постановка проблеми. Морські перевезення складають біля 60% загального обсягу перевезень вантажів у світовій торгівлі, що пов'язано з відносно низькою собівартістю переміщення вантажів великої маси на дальні відстані, високою пропускною спроможністю і низькою капіталоємністю [1]. Обсяги перевезення та перевантаження вугілля (у тому числі коксівного) залежать від сезонності, цінової кон'юнктури та, враховуючі виклики сьогодення, навіть від епідеміологічної ситуації, через яку робота портів може тимчасово призупинитись. За даними Адміністрації морських портів України [2], у портах України у 2019 р. перевалка руди склала 37,32 млн. т, а вугілля – 6,7 млн. т; відповідно, у 2020 р. перевалка руди – 44,22 млн. т, а вугілля – 4,9 млн. т. Наприклад, у п'ятому в Україні за вантажообігом Маріупольському морському торговельному порту (ММТП) у 2020 році обсяг імпорту вугілля склав 142,9 тис. т [3]. Додатково можна відзначити, що кам'яне вугілля посідає першу позицію у структурі транзитних перевезень в Україні залізничним транспортом (більше 40% від загального обсягу транзитних перевезень), і у 2017 р. обсяги його перевезення в такий спосіб склали 7,96 млн. т [4]. Процеси видобутку, перевезення, зберігання і перевантаження вугілля супроводжуються викидами вугільного пилу в атмосферне повітря, що погіршує умови роботи працівників вугільної, транспортної галузей і портової інфраструктури, негативно відбивається на стані техніки. Практика роботи з сипучими вантажами показує, що зниження запиленості є важливим не лише з точки зору захисту навколишнього середовища і здоров'я співробітників, але і з точки зору скорочення простой устаткування, зниження витрат на його обслуговування [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними аналізу статистичного огляду світової енергетики [6] за період з 2009 р. по 2019 р. світове виробництво вугілля за енергетичним еквівалентом збільшилось з 142,89 Ексаджоулів (ЕДж) до 167,58 ЕДж (1 ЕДж = 10^{18} Дж), а зростання світового споживання вугілля відбулося у той самий період у межах від 144,53 ЕДж до 157,86 ЕДж. Оцінювання у Ексаджоулях пов'язане з різною калорійністю спалювання різних марок вугілля. Зазначимо, що світовий видобуток вугілля за рік оцінюється близько 8 Гт [7].

Згідно з класифікацією American Society for Testing and Materials виділяють чотири основних види вугілля: буре вугілля, напівбітумінозне вугілля, кам'яне вугілля та антрацит. Класифікацію вугілля ведуть за показниками вологості, вмісту природних газів і вуглецю й калорійності, від якої залежить тепло, що виділяється при його згорянні. Калорійність бурого вугілля – 10,47...20,93 МДж/кг, кам'яного вугілля – 18,84...29,31 МДж/кг, антрациту – 33,49...39,78 МДж/кг. З економічної точки зору розглядають два види вугілля: енергетичне (газове) та коксівне, що відрізняються виробничим застосуванням. В цілому, на вугільну генерацію припадає біля 38% світового споживання енергетичних ресурсів [8]. Вочевидь, що вказані обсяги вугілля не лише видобуваються, а і транспортуються світом, що супроводжується значним обсягом утворення вугільного пилу. Оцінка енергетичного потенціалу вугілля показує, що його світові запаси знаходяться на рівні 891 Гт (при усередненій калорійності 25 МДж/кг), що майже у п'ять разів перевищує потенціал урану-235, але, за сучасними темпами вичерпування ресурсів вуглеводнів, їх залишилось на 51...114 років [9] (за іншими даними [10] – на 50...150 років).

За різними оцінками загальні ресурси вугілля в Україні складають від 100 до 117,5 млрд. т (з них кам'яне вугілля і антрацити – 92...94%, буре вугілля – 6...8%) [11]. Протягом 2001-2013 рр. на українських шахтах щорічно видобувалось біля 80 млн. т вугілля, але з 2014 р., через військові дії на Донбасі, видобуток вугілля впав більш, ніж на 22% [11]. Тому для забезпечення енергетичних потреб України щорічно ініціюється закупівля (імпорт) та перевезення морським транспортом не менше 4 млн. т вугілля (переважно антрацитової групи) [11], яке перевантажують у портах (див. [2]). Перевантаження виконують відкритими способами, серед яких переважає грейферний, а зберігання вугілля у портах (взагалі то, як і на складах теплоелектростанцій) проводять на відкритих майданчиках транспортних терміналів. Перевантаження вугілля супроводжується такими втратами, як просипання, рознесення мілких фракцій вітром, що викликає суттєве забруднення території з наступним негативним впливом на довкілля та персонал. При транспортуванні напіввагонами і платформами вздовж всього полотна залізниці відбуваються втрати, що не відновлюються [12]. Основними джерелами пилоутворення виступають (за наявності) [12]: вагонопрокидувач, стрічковий конвеєр, грейферний перевантажувач, вугілля, яке складають у штабелях на відкритих дільницях.

Пиловиділення (вітрова ерозія) з відкритих площ та складів вугілля складає до 25 800 мг/м³ (при видобутку вугілля – 730...11 000 мг/м³) [5, 12]. На вітрову ерозію суттєвий вплив має клімат, а саме процеси висушування породи гарячими вітрами, низька вологість повітря та мала кількість опадів. Для запобігання здування пилу потрібно підтримувати певну вологість верхнього шару поверхонь, що пилять, при якій рівень пиловиділення буде незначний [5, 12], тому системи зрошування широко застосовують для зниження запиленості повітря на дільницях перевантаження та зберігання вугілля [13]. Але зволоження вугілля повинно мати оптимальне значення через те, що внутрішня вологість вугілля може привести до його самозаймання. Процесу самозаймання вугілля сприяє наявність в ньому сірчаного колчедану, який, окислюючись, виділяє тепло і розпушує верхні шари шматків вугілля, відкриваючи нові поверхні для окислення. Деякий вплив на зниження температури саморозігріву надає ступінь подрібнення вугілля, тому чим сильніше вугілля подрібнене, тим більшу поверхню окислення воно має. Волога виконує роль каталізатора, прискорюючи хімічні процеси, а також призводить до розтріскування вугілля і утворення мікротріщин. Збільшується активна поверхня вугілля і зростає поглинання ним кисню. Волога змиває з поверхні вугілля окислені плівки, але надлишок вологи перешкоджає процесу окислення [12].

Відомо, що інтенсивність забруднення довкілля залежить від обсягів і фізико-хімічних властивостей вантажів, що пилять при перевантаженні у портах, використовуваного способу перевантаження і ступеня технологічної захищеності. Грейферне перевантаження та перевантаження сипучих вантажів відкритим способом супроводжується найбільш інтенсивним виділенням пилу. Порушення технологій, умов перевалки і гранично допустимих норм викидів призводить до підвищеного забруднення атмосферного повітря твердими аерозолями, а шкідливі речовини осідають на прилеглий акваторії і ґрунті [14]. Тому у містах, розташованих поблизу великих вугільних терміналів, екологічна ситуація є ідентичною до такої, що існує у шахтарських поселеннях (вугільний пил поширюється повсюдно), а концентрація неорганічного пилу в повітрі біля житлових будинків, що розташовані поблизу портової території, може у декілька разів перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК) [14]. Значення ГДК для

пилу залежить від виду вугілля, з якого він утворюється при транспортуванні та зберіганні. Згідно з нормативами [15], ГДК для вугільного пилу становить: а) пил породний, вуглепородний (із вмістом вільного діоксиду кремнію SiO_2 від 10% до 70%) – ГДК = 2 мг/м^3 ; б) пил вуглепородний, вугільний ($\text{SiO}_2 = 5 \dots 10\%$) – ГДК = 4 мг/м^3 ; в) пил антрацитовий ($\text{SiO}_2 < 5\%$) – ГДК = 6 мг/м^3 ; г) пил кам'яного вугілля ($\text{SiO}_2 < 5\%$) – ГДК = 10 мг/м^3 .

За даними джерела [16] відомо, що під час розподілу пилу більше, ніж 58 кг/га в місяць спостерігається ефект пригнічення життєдіяльності більшості рослин і тварин, вдихуваний пил викликає гострі захворювання верхніх дихальних шляхів. Особливо небезпечними є частинки діаметром менше 10 мікрон (мкм) (за прийнятим у США позначенням – РМ10). На кожні 10 мікрограмів (1×10^{-5} г) на 1 м^3 збільшення концентрації у повітрі таких частинок кількість пацієнтів лікувальних установ з хронічними респіраторними захворюваннями зростає на 7%, з них 3,5% припадає на респіраторні захворювання в гострій формі й 3% – на серцево-судинні захворювання, а смертність від раку легенів зростає на 8% [16]. При цьому вказано, що з відкритих площ (складів вугілля у портах, кар'єрів) виділяється в атмосферу до 2...5 т пилу за добу.

Через це має бути заборонене перевантаження відкритим способом та зберігання на відкритих естакадах вугілля у морських портах, якщо не витримуються умови Законодавства щодо розмірів санітарно-захисних зон (СЗЗ), які визначаються Земельним Кодексом України (Стаття 114) та за нормативними документами [17, 18]. Згідно з [18], СЗЗ майданчиків складів і місць відкритого перевантаження вугілля у портах відносять до Класу II, а їх розмір повинен бути не менше, ніж 500 м. Але, за переконанням дослідників [19], вказані нормативні документи втратили своє законодавче значення, особливо у розділі 2 «Санітарно-захисні зони». Розміри СЗЗ слід визначати за сучасними науково обґрунтованими підходами [19], які включають в себе етапи аналізу санітарно небезпечних та шкідливих вантажопотоків вантажів, що пилять; опис об'єктів пилоутворення на перевантажувальних комплексах і терміналах; узагальнений аналіз концентрацій пилу, що утворюється над джерелами пилення (у тому числі при перевантаженні грейферним способом на одному або декількох майданчиках одночасно); комплексне вивчення вмісту пилу над об'єктами портових перевантажувальних комплексів; математичне і натурне моделювання процесів пилоутворення та розсіювання пилу; проведення розрахунків СЗЗ; натурну (експериментальну) перевірку ступеня розсіювання та розповсюдження пилу для підтвердження справедливості розмірів СЗЗ. При цьому доцільно використовувати нові прогресивні методи визначення концентрації пилу, наприклад, за допомогою лазерних датчиків [20]. Використання систем пилопригнічення, зрошування, екранування або аспірації не повинно впливати на зменшення розмірів СЗЗ.

Мета роботи – визначення кількості вугільного пилу, що утворюється при грейферному перевантаженні та зберіганні вугілля на відкритих складах терміналів морських портів України.

Виклад основного матеріалу. Розрахунки маси твердих частинок (пилу), що утворюються при перевантаженні вугілля грейферним способом та його зберіганні на відкритих терміналах, представляють певні складнощі, які, в першу чергу, пов'язані з відсутністю затверджених Державою методичних рекомендацій для проведення відповідних оцінок. Якщо для визначення валових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із відкритого складу (при зберіганні вугілля) можна застосувати методику, що наведена у довіднику [21], яку використовують при оцінці викидів коксохімічного виробництва, то стосовно розрахунку викидів пилу при перевантаженні вугілля відомості про подібні методики є обмеженими. Автори роботи [22] для розрахунків викидів забруднюючих речовин у процесах пересипання на кар'єрах використовували застарілі методики або методики інших держав [23, 24]. Як показали результати пошуку в Інтернет-джерелах, так само поступають при розробці Звітів з оцінки впливу на довкілля підприємств та портів, що пов'язані з перевантажуванням сипучих матеріалів і вугілля (наприклад, подібним чином проведені розрахунки у Звіті [25]).

Використовуючи наведені у вступі дані щодо перевантаженого вугілля та розрахункові методики [21-25], визначимо обсяг вугільного пилу, який утворюється при перевантаженні за схемою «трюм–склад» грейфером, що встановлений на портальному крані, та при зберіганні вугілля на складі (під складом розуміється відкритий термінал, де вугілля складається насипами у штабеля).

Викиди вугільного пилу при перевантаженні вугілля розраховуємо за формулою:

$$G_{\Phi} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot q_{уд} \cdot \Pi_y \cdot (1-n) \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік}, \quad (1)$$

де K_0 – коефіцієнт, що враховує вологість вугілля; K_1 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру; K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів; K_5 – коефіцієнт, що враховує висоту пересипання матеріалу; $q_{уд} = 3,0$ г/т – питома виділення твердих частинок із тони вугілля, що надходить на склад; Π_y – кількість вугілля, що надходить на склад, т/рік; n – ефективність застосовуваних засобів пило пригнічення (у частках).

Викиди вугільного пилу при зберіганні вугілля на складі, які розраховують як кількість твердих частинок, що здуваються з поверхні насипу, визначаються за формулою:

$$G_c = 31,5 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot W_{ш} \cdot \gamma_{ш} \cdot (1-n) \cdot 10^3, \text{ т/рік}, \quad (2)$$

де $K_6 = S_{факт} / S_{ш} = 1,3 \dots 1,6$ – коефіцієнт, що враховує поверхню штабеля, тут $S_{факт}$ – фактична поверхня складу, м²; $S_{ш}$ – площа основи штабелів вугілля, м²; $W_{ш} = 1 \cdot 10^{-6}$ кг/м²с – питома здуваємість твердих частинок з поверхні штабеля; $\gamma_{ш} = 0,1$ – коефіцієнт подрібнення гірської маси; 31,536 – коефіцієнт переводу г/с в т/рік.

При підстановці $W_{ш}$ і $\gamma_{ш}$ одержуємо:

$$G_c = 31,536 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot S_{ш} \cdot (1-n) \cdot 10^{-4}, \text{ т/рік}. \quad (3)$$

Сумарна кількість викидів при перевантаженні і зберіганні вугілля:

$$G = G_{\Phi} + G_c. \quad (4)$$

Прийняті коефіцієнти для формул (1)-(3), що відповідні певним значенням характеристик процесів перевантаження та зберігання вугілля, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти і параметри формул (1)-(3)

№	Параметр	Одиниця вимірювання	Характеристика	Коефіцієнт	Значення
1	Вологість	%	10	K_0	0,1
2	Швидкість вітру	м/с	4,6	K_1	1,2
3	Відкриті сховища	Відкриті сторони	4	K_4	1,0
4	Висота падіння матеріалу	м	4,0	K_5	1,0
5	Профіль поверхні	-	$S_{факт} / S_{ш}$	K_6	1,45
6	Засоби пилопригнічення	-	Відсутні	n	0
7	Площа основи штабелів (Всі морські склади України)	м ²	На складах сумарно	$S_{ш}$	34 000
8	Площа основи штабелів (Маріупольський морський торговельний порт)	м ²	На складі сумарно	$S_{ш}$	5 000

Пояснимо вибір коефіцієнтів за нумерацією у першому стовпці табл. 1.

№1 – Згідно з ДСТУ 7146:2010 [26], вологість вугілля залежить від його марки (Д, ДГ, Г, Ж, П, А) та розмірів кусків (від 6 мм до 200 мм) та становить від 6% до 16%. Проаналізувавши дані [26], було прийнято усереднене значення вологості 10%, якій відповідає значення $K_0 = 0,1$ [21].

№2 – Швидкість вітру щодо варіантів розрахунку для всієї України беремо з сайту [27], згідно з яким середня швидкість вітру для всієї України може бути прийнята 5,0 м/с. Для м. Маріуполь середньорічну швидкість вітру приймаємо 4,6 м/с [28]. Таким чином, обирали $K_1 = 1,2$ [21].

№3 – Перевантаження та складування вугілля проводять у штабеля терміналів, які є цілком відкритими з 4-х сторін. Тому згідно з [21] обирали $K_4 = 1,0$.

№4 – Середня висота, з якої відбувається падіння вугілля при перевантаженні, досягає 4,0 метрів (перевантаження грейфером, встановленому на порталному крані). Тому $K_5 = 1,0$ [21].

№5 – Коефіцієнт, що враховує профіль поверхні [21], брали усередненим, як $K_6 = (1,3 + 1,6)/2 = 1,45$ (див. формулу (2)).

№6 – Приймали, що засоби пилопригнічення не використовуються. Таким чином, приймали $n = 0$ [21].

№7 та №8 – Площу основи штабелів вугілля сумарно у всіх портах України приймали приблизно, як 34 000 м², при цьому площу основи штабелів, які розташовані на території Маріупольського морського торговельного порту, приймали, як 5 000 м², що потрібно для підстановки у формули (2) та (3).

Результати розрахунків за формулами (1)-(4) наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків пилоутворення при перевантаженні вугілля

№ п/п	Об'єкт	Рік	Обсяг перевалки вугілля, тис. т	G_ϕ , т/рік	G_c , т/рік	G , т/рік
1	Україна (вся)	2019	6 700	2,412	18,657	21,069
2	Україна (вся)	2020	4 900	1,764	13,645	15,409
3	Маріупольський морський торговельний порт	2020	142,9	0,0514	2,744	3,258

Слід враховувати, що майже той самий обсяг вугілля, що і G_ϕ , за виключенням малих у відсотковому відношенні втрат із пилом та невиробничих втрат при перевантаженні, буде завантажено у вагони, напіввагони або вантажні автомобілі для перевезення до споживачів, що буде супроводжуватись близькими за значенням втратами вугілля за рахунок пилоутворення. Також очікуються вторинне пилоутворення при русі вантажних засобів (автомобілів, вагонів) і при перевезенні вугілля відкритим способом.

Висновки

Проаналізовано стан перевалки кам'яного вугілля у морських портах України за останні роки (2019-2020 рр.), умови його перевантаження та зберігання з точки зору викидів в атмосферне повітря вугільного пилу (пилоутворення) та негативного впливу на працівників, навколишнє середовище, прилеглі житлові та селбищні зони, робочі машини і механізми. Показані масштаби і перспективи видобування вугілля, вугільної енергетики та споживання вугілля у світі та в Україні, визначені пріоритети захисту людини і довкілля методами зменшення пилоутворення при перевантаженні та зберіганні кам'яного вугілля. Виявлено, що наявні методики розрахунку викидів пилу при перевантаженні і зберіганні вугілля відкритим способом є застарілими та потребують розвитку. Визначені розрахункові параметри для оцінки викидів пилу при перевантаженні вугілля грейферним способом та зберіганні на відкритих складах терміналів морських портів України і ММТП. Оцінка кількості вугільного пилу, який викидається у атмосферне повітря при перевантаженні і відкритому зберіганні вугілля, показала, що в масштабах перевезень України у 2019 р. утворилось не менш 21 т вугільного пилу, а у 2020 р. – не менш 15,4 т пилу, відповідно, в масштабах перевезень ММТП у 2020 р. – біля 3,26 т пилу. Таким чином, розробка методів та засобів зменшення кількості пилу при перевантаженні і зберіганні кам'яного вугілля у морських портах є перспективним напрямком досліджень.

Перелік використаних джерел:

1. Бердина М.Ю. Морской транспорт в системе международных бизнес-операций / М.Ю. Бердина, Е.К. Горосян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 (часть 1). – Режим доступа : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17841>.
2. Адміністрація морських портів України : За оперативними даними у 2020 р. морські порти

- України обробили 158,86 млн. т вантажів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.uspa.gov.ua/pres-tsentr/novini/novini-ampu/18191-za-operativnimi-danimi-u-2020-r-morski-porti-ukrajini-obrobili-158-86-mln-t-vantazhiv>.
3. Маріупольський морський торговельний порт. Державне підприємство : У Маріупольському порту підбили підсумки роботи за 2020 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://marport.net/uk/allcategories-uk-ua/14-novyny/520-u-mariupolskomu-portu-pidbili-pidsumki-roboti-za-2020-rik>.
 4. Веприцький Р.С. Аналіз та оцінка обсягів транзитних перевезень залізничним транспортом України / Р.С. Веприцький, Г.Д. Ейтутіс, С.В. Артем'єва // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2018. – № 62. – С. 53-63. – Режим доступу : <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i62.133981>.
 5. Шепелина П.В. Устройство системы пылеподавления в конструкциях грузоподъемных машин угольных терминалов / П.В. Шепелина // Научные тенденции : Вопросы точных и технических наук : сб. науч. тр., по матер. XX межд. науч.-пр. конф. (12 декабря 2018 г.; Санкт-Петербург). – Изд. ЦНК МОАН, 2018. – С. 27-31. – Режим доступа : <https://doi.org/10.18411/spc-12-12-2018-10>.
 6. Statistical Review of World Energy [Electronic resource]. – 2020. – 68 p. – Mode of access : <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>.
 7. Добыча угля по странам мира [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://sites.google.com/site/ruregdatav1/ugol-dobycha>.
 8. Золотарева Д.С. Анализ российского рынка угля / Д.С. Золотарева // Актуальные вопросы отраслевых рынков и международной коммерции: Электронный научный студенческий журнал. – 2020. – № 2(3). – Режим доступу : <https://ti.ec.mgimo.ru/2020/2020-03/analysis-of-russian-coal-market>.
 9. Ульянин Ю.А. Прогнозирование динамики исчерпания традиционных энергетических ресурсов / Ю.А. Ульянин, В.В. Харитонов, Д.Ю. Юршина // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 2. – С. 60-71.
 10. Тимченко Н.П. Анализ мировых запасов энергетических ресурсов / Н.П. Тимченко, Н.М. Фиалко // Интернаука : межд. науч. журн. – 2020. – № 18. – С. 1-6. – Режим доступу : <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-18-6549>.
 11. Національний інститут стратегічних досліджень : Вугільна промисловість України в умовах гібридної війни : Аналітична записка [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/vugilna-promislovisht-ukraini-v-umovakh-gibridnoi-viyuni-analitichna>.
 12. Инновационные технологии : Морской порт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.tumantorg.ru/uslugi/pylepodavlenie/morskoj-port.html>.
 13. Энциклопедия горного дела : Орошение [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://maxi-exkavator.ru/articles/encyclopedia/~id=1721>.
 14. Музлова Г.И. Пылящий вопрос : станет ли экологический фактор частью экономики перевалки навалочных грузов в морских портах? / Г.И. Музлова // Морские порты. – 2014. – № 4. – С. 26-29. – Режим доступу : <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/31749>.
 15. НПАОП 10.0-1.01-05. Правила безпеки у вугільних шахтах (Затверджені Державним комітетом України з нагляду за охороною праці від 16.11.2004, №257). – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-05#Text>.
 16. Основные средства : Эх, дороги, пыль да туман. (Часть 1). Современные технологии и оборудование для подавления пыли [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://os1.ru/article/4316-sovremennye-tehnologii-i-oborudovanie-dlya-podavleniya-pyli-eh-dorogi-pyl-da-tuman-ch-1>.
 17. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (Затверджені наказом МОЗ України від 19.06.1996 р., №173). – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>.
 18. ДСанПіН 7.7.4.-046-99. Державні санітарні правила і норми для морських та річкових портів (Затверджено Постановою Головного держ. сан. лікаря України від 01.12.1999 р., № 46). – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0046588-99#Text>.

19. Методические подходы установления размеров санитарно-защитных зон для объектов портов при перегрузках пылящих навалочных и насыпных грузов / С.Н. Козулько, Е.П. Белобров, В.В. Бабиенко, Л.В. Басалаева, М.С. Замбриборщ, И.Г. Лисовой, В.И. Бескровный, А.И. Нечипоренко, Е.А. Потапов // Медицина транспорта – 2015 : сб. материал. III Межд. конгрес. (15-17 сентября 2015 г.; Одесса). – Одесса : УкрНИИ медицины транспорта, 2015. – С. 112-114.
20. Современные методы измерения концентраций аэрозоля витающей пыли лазерными счетчиками на объектах производства и транспорта / С.М. Контуш, Е.П. Белобров, Л.М. Шафран, С.В. Мямлин, С.А. Щекатолина, А.Н. Бойченко, С.Г. Сидоренко, М.С. Замбриборщ, В.Г. Вечеровский, В.В. Бабиенко // Медицина транспорта – 2015 : сб. материал. III Межд. конгресс. (15-17 сентября 2015 г.; Одесса). – Одесса : УкрНИИ медицины транспорта, 2015. – С. 114-116.
21. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том I. – Донецьк : Український науковий центр технічної екології, 2004. – 184 с. – Режим доступу : https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/tom_1.pdf.
22. Пономаренко Т.М. Характеристика джерел утворення та розрахунок викидів забруднюючих речовин у процесах пересипання на кар'єрах / Т.М. Пономаренко, Г.М. Вовкодав // Збалансоване природокористування. – 2019. – № 1. – С. 92-100. – Режим доступу: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2019.170596>.
23. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – Новороссийск : ЗАО «НИПИОТСТРОМ», 2000. – 27 с. – Режим доступу : http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/54/54301/index.htm.
24. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986. – 104 с. – Режим доступу : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293728/4293728226.pdf>.
25. Звіт з оцінки впливу на довкілля залізничного вагового комплексу на коліях №№ 1, 1а нижнього майданчику вантажно-розвантажувального району (ВРР-2) Державного підприємства «Морський торговельний порт «Южний» за адресою : Одеська обл., м. Южне, вул. Берегова, 13. – 2019 р. – Режим доступу : <http://www.eia.menr.gov.ua/uploads/documents/1638/reports/87f7a8d4b9c3a6b7e7c1ee83831f1ee0.pdf>.
26. ДСТУ 7146:2010. Вугілля кам'яне та антрацит для побутових потреб. Технічні умови. – К. : Держспоживстандарт України. – 2010. – 10 с. – Режим доступу : http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_7146-2010.pdf.
27. Вітри України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітри_України.
28. Средняя скорость ветра на метеостанциях Донецкой области [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://energywind.ru/recomendacii/skorost-vetra-v-ukraine-i-crimea/Skorost-vetra-Donetskaya-oblast>.

References:

1. Berdina M.Yu., Torosian E.K. Morskoy transport v sisteme mezhdunarodnyih biznes-operatsiy [Sea transport in the system of international business operations]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2015, no. 1 (part 1). Available at: www.science-education.ru/ru/article/view?id=17841 (accessed 15 March 2021). (Rus.)
2. *Administratsiia morskikh portiv Ukrainy : Za operatyvnymy danymy u 2020 r. morski porty Ukrainy obroblyly 158,86 mln. t vantazhiv* (Administration of seaports of Ukraine: According to operational data in 2020, seaports of Ukraine processed 158.86 million tons of cargo) Available at: <http://www.uspa.gov.ua/pres-tsentr/novini/novini-ampu/18191-za-operativnimi-danimi-u-2020-r-morski-porti-ukrajini-obrobili-158-86-mln-t-vantazhiv> (accessed 05 April 2021). (Ukr.)
3. *Mariupolskyi morskyyi torhovelyniy port. Derzhavne pidpriemstvo : U Mariupolskomu portu pidbyly pidsumky roboty za 2020 rik* (Mariupol sea trade port. State-owned enterprise: In the port of Mariupol summed up the work for 2020) Available at: <https://marport.net/uk/allcategories-uk-ua/14-novyny/520-u-mariupolskomu-portu-pidbili-pidsumki-roboti-za-2020-rik> (accessed 15 March 2021). (Ukr.)
4. Vepritskiy R.S., EytutIs G.D., Artem'eva S.V. Analiz ta otsinka obsiahiv tranzytnykh perevezen

- zaliznychnym transportom Ukrainy [Analysis and assessment of the volume of transit traffic by rail in Ukraine]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – Bulletin of Transport Economics and Industry*, 2018, no. 62, pp. 53-63. doi: [10.18664/338.47:338.45.v0i62.133981](https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i62.133981). (Ukr.)
5. Shepelina P.V. Ustroystvo sistemyi pyilepodavleniya v konstruktsiyah gruzopod'emnyih mashin ugolnyih terminalov. *Sb. nauch. tr. po mater. XX mezhd. nauch.-pr. konf. «Nauchnyie tendentsii : Voprosyi tochnyih i tehnycheskiykh nauk»* [The design of a dust suppression system in the structures of hoisting machines of coal terminals. Collection of sci. works, according to the mater. of XX Int. sci.-pr. conf. «Scientific trends: Issues of exact and technical sciences»]. Saint Petersburg, 2018. Pp. 27-31. doi: [10.18411/spc-12-12-2018-10](https://doi.org/10.18411/spc-12-12-2018-10). (Rus.)
 6. Statistical Review of World Energy. 2020. 68 p. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (accessed 01 May 2021).
 7. *Dobyicha uglya po stranam mira* (Coal mining by countries of the World) Available at: <https://sites.google.com/site/ruregdatav1/ugol-dobyicha> (accessed 10 February 2021). (Rus.)
 8. Zolotareva D.S. Analiz rossiyskogo ryinka uglya [Analysis of the Russian coal market]. *Aktualnyie voprosyi otraslevyih ryinkov i mezhdunarodnoy kommertsii: Elektronnyiy nauchnyiy studentcheskiy zhurnal – Topical issues of industry markets and international commerce: Electronic scientific student journal*. Available at: <https://tiec.mgimo.ru/2020/2020-03/analysis-of-russian-coal-market> (accessed 20 March 2021). (Rus.)
 9. Ulyanin Yu.A., Haritonov V.V., Yurshina D.Yu. Prognozirovanie dinamiki ischerpaniya traditsionnyih energeticheskikh resursov [Forecasting the dynamics of traditional energy resources depletion]. *Problemy prognozirovaniya – Forecasting problems*, 2018, no. 2, pp. 60-71. (Rus.)
 10. Timchenko N.P., Fialko N.M. Analiz mirovyih zapasov energeticheskikh resursov [Analysis of the World's energy reserves]. *Internauka – InterScience*, 2020, no. 18. doi: [10.25313/2520-2057-2020-18-6549](https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-18-6549). (Rus.)
 11. *Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen : Vuhilna promyslovist Ukrainy v umovakh hibrydnoi viiny : Analitichna zapyska* (National Institute for Strategic Studies: Coal Industry of Ukraine in a Hybrid War: Analytical Note) Available at: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/vuhilna-promislovist-ukraini-v-umovakh-gibridnoi-viyni-analitichna> (accessed 05 April 2021). (Ukr.)
 12. *Innovatsionnyie tehnologii : Morskoy port* (Innovative technologies: Seaport) Available at: <https://www.tumantorg.ru/uslugi/pylepodavlenie/morskoj-port.html> (accessed 20 April 2021) (Rus.)
 13. *Entsiklopediya gornogo dela : Oroshenie* (Encyclopedia of Mining: Irrigation) Available at: <https://maxi-exkavator.ru/articles/encyclopedia/~id=1721> (accessed 13 March 2021) (Rus.)
 14. Muzlova G.I. Pyilyaschiy vopros : stanet li ekologicheskii faktor chastyu ekonomiki perevalki navalochnyih gruzov v morskikh portah? [A dusty question: will the environmental factor become a part of the economy of bulk cargo handling in seaports?]. *Morskie porty – Seaports*, 2014, no. 4, pp. 26-29. Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/31749> (accessed 15 December 2020). (Rus.)
 15. NPAOP 10.0-1.01-05. Pravila bezpeki u vugilnih shahtah [Legal Regulations on Occupation Safety 10.0-1.01-05. Safety rules in coal mines]. Kiev, 2004. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-05#Text> (accessed 03 December 2020). (Ukr.)
 16. *Osnovnyie sredstva : Eh, dorogi, pyil da tuman. (Chast 1). Sovremennyye tehnologii i oborudovanie dlya podavleniya pyili* (Fixed assets: Oh, roads, dust and fog. (Part 1). Modern technologies and equipment for dust suppression) Available at: <https://os1.ru/article/4316-sovremennyye-tehnologii-i-oborudovanie-dlya-podavleniya-pyli-eh-dorogi-pyl-da-tuman-ch-1> (accessed 23 February 2021). (Rus.)
 17. DSP 173-96. *Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv* (State sanitary rules 173-96. State sanitary rules for planning and building of settlements). Kiev, 1996. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (accessed 20 March 2021).
 18. *DSanPiN 7.7.4.-046-99. Derzhavni sanitarni pravyla i normy dlia morskyykh ta richkovyykh portiv* (State sanitary rules and norms 7.7.4.-046-99. State sanitary rules and norms for sea and river ports). Kiev, 1999. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0046588-99#Text> (accessed 20 March 2021). (Ukr.)

19. Kozulko S.N., Belobrov E.P., Babienko V.V., Basalaeva L.V., Zambriborsch M.S., Lisovoy I.G., Beskrovnyiy V.I., Nechiporenko A.I., Potapov E.A. Metodicheskie podhodyi ustanovleniya razmerov sanitarno-zaschitnyih zon dlya ob'ektov portov pri peregruzkah pyilyaschih navalochnyih i nasyipnyih gruzov. *Sb. material. III Mezhd. kongres. «Meditsina transporta – 2015»* [Methodological approaches for establishing the size of sanitary protection zones for port facilities during transshipment of dusty bulk and dry bulk cargo. III Int. congress materials collection «Medicine of transport – 2015»]. Odessa, 2015, pp. 112-114. (Rus.)
20. Kontush S.M., Belobrov E.P., Shafran L.M., Myamlin S.V., Schekatolina S.A., Boychenko A.N., Sidorenko S.G., Zambriborsch M.S., Veчерovskiy V.G., Babienko V.V. Sovremennyye metody izmereniya kontsentratsiy aerolya vitayuschey pyili lazernymi schetchikami na ob'ektah proizvodstva i transporta. *Sb. material. III Mezhd. kongres. «Meditsina transporta – 2015»* [Modern methods of measuring the concentration of aerosol of floating dust with laser counters at production and transport facilities. III Int. congress materials collection «Medicine of transport – 2015»]. Odessa, 2015, pp. 114-116. (Rus.)
21. *Zbirnyk pokaznykiv emisii (pytomykh vykydiv) zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferne povitria riznymy vyrobnystvamy. Tom I.* [Collection of indicators of emissions (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries. Vol. I.]. Donetsk, Ukrainskyi naukovyi tsentr tekhnichnoi ekolohii Publ., 2004. 184 p. Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/tom_1.pdf (accessed 15 November 2020). (Ukr.)
22. Ponomarenko T.M., Vovkodav H.M. Kharakterystyka dzhherel utvorennia ta rozrakhunok vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn u protsesakh peresypannia na karierakh [Characteristics of sources of formation and calculation of emissions of pollutants in the processes of pouring on quarries]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 2019, no. 1, pp. 92-100. doi: 10.33730/2310-4678.1.2019.170596. (Ukr.)
23. *Metodicheskoe posobie po raschetu vyibrosov ot neorganizovannyih istochnikov v promyishlennosti stroitelnyih materialov* [Methodical manual for calculating emissions from unorganized sources in the construction materials industry]. Novorossiysk : ZAO «NIPIOTSTROM» Publ., 2000. 27 p. Available at: http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/54/54301/index.htm (accessed 13 February 2021). (Rus.)
24. *Sbornik metodik po raschetu vyibrosov v atmosferu zagryaznyayuschih veschestv razlichnyimi proizvodstvami* [Collection of methods for calculating emissions of pollutants into the atmosphere by various industries]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1986. 104 p. (Rus.)
25. *Zvit z otsinky vplyvu na dovkillia zaliznychnoho vahovoho kompleksu na kolyiakh №№ 1, 1a nyzhnogo maidanchyku vantazhno-rozvantazhuvalnoho raionu (VRR-2) Derzhavnoho pidpriemstva «Morskyi torhovelnyi port «Iuzhnyi» za adresoiu : Odeska obl., m. Yuzhne, vul. Berehova, 13* (Environmental impact assessment report of the railway weighing complex on the tracks №№ 1, 1a of the lower platform of the loading and unloading area (LUA-2) of the State Enterprise «Sea Commercial Port «Yuzhny» at the address: Odessa region, Yuzhne, st. Berehova, 13) Available at: <http://www.eia.menr.gov.ua/uploads/documents/1638/reports/87f7a8d4b9c3a6b7e7c1ee83831f1ee0.pdf> (accessed 01 March 2021). (Ukr.)
26. *DSTU 7146:2010. Vuhillia kamiane ta antratsyt dlia pobutovykh potreb. Tekhnichni umovy* [State Standart 7146:2010. Coal and anthracite for household use. Specifications]. Kiev, Derzhspozhyvstandart Ukrainy Publ., 2010. 10 p. Available at: http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_7146-2010.pdf (accessed 01 April 2021). (Ukr.)
27. *Vitry Ukrainy* (Winds of Ukraine) Available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітри_України. (accessed 05 April 2021) (Ukr.)
28. *Srednyaya skorost vetra na meteostantsiyah Donetskoy oblasti* (Average wind speed at meteorological stations of Donetsk region) Available at: <http://energywind.ru/recomendacii/skorost-vetra-v-ukraine-i-crimea/Skorost-vetra-Donetskaya-oblast> (accessed 05 April 2021). (Rus.)

Рецензент: А.В. Кальянов
д-р мед. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 29.04.2021