

## АНОТАЦІЯ

*Оладіно Мутіу Олатойє.* Мінімізація рівня забруднення навколишнього середовища при перевезенні вугілля в напіввагонах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – екологія. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розробці методів мінімізації рівня забруднення навколишнього середовища від пилового забруднення при перевезенні вугілля залізничним транспортом.

Транспортування вугілля від місць його видобутку здійснюється в напіввагонах. При цьому відбувається інтенсивний винос вугільного пилу з напіввагонів, що супроводжується забрудненням навколишнього природного середовища. Актуальність теми підтверджена тим, що аналіз сучасних методів мінімізації забруднення навколишнього середовища вугільним пилом показав, що вони потребують досить високих витрат, застосування додаткового обладнання на станціях навантаження (розвантаження) вугілля, витрат часу на імплементацію. Аналіз наукових публікацій показав необхідність створення ефективних і економічних методів захисту навколишнього середовища від забруднення при перевезенні вугілля залізничним транспортом. Установлено, що дослідження на базі лабораторних та польових експериментів процесів забруднення навколишнього природного середовища вугільним пилом вимагають значних матеріальних витрат, складного обладнання та великої кількості часу на проведення експерименту. Це створює значні труднощі при виконанні комплексних наукових досліджень з вивчення забруднення навколишнього середовища при перевезенні вугілля. Для теоретичної оцінки рівня

забруднення навколишнього середовища при перевезенні вугілля найбільш широко використовується спрощена модель – модель Гаусса, у якій вагон з вантажем моделюється «точкою». Ця модель не бере до уваги форму вагона, не дозволяє врахувати залежність пиловиділення з поверхні вантажу від локальної швидкості повітряного потоку, що не дозволяє застосовувати таку модель для оцінки ефективності використання різних засобів захисту довкілля при перевезенні вугілля. Тому важливим питанням є створення теоретичних методів оцінки ефективності застосування засобів захисту навколишнього середовища від забруднення при перевезенні вугілля.

Як відомо, інтенсивність пилового забруднення навколишнього середовища при перевезенні вугілля залежить від багатьох факторів, найважливішим з яких є швидкість повітряного середовища біля поверхні вантажу (локальна швидкість повітряного потоку). Тому для зменшення інтенсивності виносу вугільного пилу з напіввагона в дисертації обрано засоби, які дозволяють зменшити значення локальної швидкості повітряного потоку біля поверхні вугілля. Для цього запропоновано використовувати спеціальні додаткові борти на вагоні з вугіллям, екрани. У дисертації на основі експериментальних та теоретичних досліджень показано, що застосування додаткових бортів спеціальної форми («вертикальна стінка», «крило», «внутрішнє крило») та екранів зменшує винос вугільного пилу з напіввагона. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено закономірності формування зон забруднення підстильної поверхні при виносі вугільного пилу з вагонів без та з додатковими бортами або екранами.

Для визначення ефективності застосування спеціальних бортів, екрану розроблено комплекс чисельних моделей, що дозволяють прогнозувати забруднення атмосферного повітря в разі перевезення вугілля в напіввагонах та при використанні запропонованих засобів захисту. Моделювання пилового забруднення повітря під час транспортування вугілля в напіввагонах здійснюється на базі багатовимірних диференціальних рівнянь масопереносу.

Моделювання процесу забруднення на базі цих рівнянь дозволяє отримувати інформацію про формування поля концентрації вугільного пилу в усій досліджуваній області, а не лише в деякій точці навколишнього середовища. Розроблені моделі дають можливість прогнозувати рівень пилового забруднення атмосферного повітря з урахуванням комплексу фізичних факторів, які раніше не враховувалися в ході досліджень, а саме: геометричної форми додаткових бортів, швидкості повітряного потоку біля поверхні вантажу, інтенсивності емісії вугільного пилу, дифузії вугільного пилу, швидкості руху вагона з вугіллям.

В роботі обґрунтовано застосування в напіввагонах повітряної завіси, що дозволяє зменшити пилове забруднення навколишнього середовища при перевезенні вугілля.

Також набула подальшого розвитку математична модель прогнозу рівня забруднення атмосферного повітря при перевезенні вугілля, що дозволяє, на відміну від існуючих моделей, враховувати при прогнозі швидкість руху потяга з вугіллям і оцінювати рівень забруднення атмосферного повітря після проходження потягу з вугіллям. На основі проведених експериментальних досліджень та обробки даних експерименту отримана емпірична модель оцінки маси вугільного пилу, що виноситься повітряним потоком від поверхні вантажу.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропоновані методи захисту від пилового забруднення навколишнього природного середовища при перевезенні вугілля потребують невеликих економічних витрат на імплементацію. Виготовлення додаткових бортів та екранів може бути виконано із застосуванням типового промислового обладнання. Для імплементації запропонованих методів захисту не потрібно встановлювати спеціальне обладнання на навантажувальних станціях (місцях розвантаження вантажу), а також не потрібна спеціальна перепідготовка кадрів для їх обслуговування. Ефективність застосування запропонованих методів захисту від пилового забруднення навколишнього природного середовища не

залежить від кліматичних умов. Розроблені чисельні моделі дозволяють оперативно прогнозувати концентрацію вугільного пилу в атмосферному повітрі з урахуванням основних фізичних факторів, що впливають на процес пилового забруднення. Ці моделі дають можливість зменшити частку фізичного експерименту під час проведення досліджень у рамках розглянутого наукового напрямку. В роботі експериментальні результати порівнювалися з теоретичними, що були отриманими на базі побудованих чисельних моделей. Також була здійснена верифікація розроблених чисельних моделей.

Розроблені чисельні моделі та методи захисту довкілля використовуються в ТОВ «Енергосервіс-КР» для розробки технології захисту атмосферного повітря від забруднення при транспортуванні залізної руди та вугілля, а також у навчальному процесі Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

**Ключові слова:** забруднення довкілля, вугільний пил, моделювання забруднення, захист навколишнього середовища

## ABSTRACT

*Oladipo Mutiu Olatoye. Minimization of environment pollution from coal trains». – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.*

Dissertation for Ph.D. degree in specialty 101 "Ecology". – Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro National University Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2020.

The dissertation is devoted to the development of methods for minimizing the level of environmental pollution from dust pollution during coal transportation by rail.

The transportation of coal from its production sites is carried out in coal wagons. In this case intensive environment pollution takes place.

The analysis of modern methods of minimizing environmental pollution caused by coal dust showed that they require quite high costs, the use of additional equipment at stations of loading (unloading) of coal, much time for implementation. Analysis of scientific publications has shown the need to create effective and low cost methods of environment protection from pollution during the transportation of coal by rail.

It was established that scientific research of environment pollution from coal trains on the basis of laboratory and field experiments requires significant material costs, complex equipment and a large amount of time for the experiment. This creates significant difficulties in carrying out comprehensive research to study environmental pollution during coal transportation. For the theoretical assessment of the level of environmental pollution from coal trains, the most widely used simplified model is the Gaussian model, in which the coal wagon is modeled as a "point". This does not allow the use Gaussian model to assess the effectiveness of different protection methods which are used to minimize environment pollution during coal transportation. Therefore, an important problem is the development of theoretical methods for assessing the effectiveness of protection methods aimed to minimize environment pollution during coal transportation.

It is known that the intensity of dust pollution during coal transportation depends on many factors, the most important of which is the speed of the air near the surface of the cargo (local air flow speed). Therefore, to reduce the intensity of coal dust emission from the wagon, in this dissertation, some tools were selected that reduce the value of the local air flow speed near the surface of the coal. For this purpose it is offered to use special additional boards on the coal wagon and screens. In this dissertation on the basis of experimental and theoretical researches it is shown that application of additional boards of the special form ("vertical wall", "wing", "internal wing") and screens reduces coal dust removal from a wagon. On the basis of the performed experiments the regularities of dust zones formation on the underlying surface, both for coal wagon without and with additional boards or screens, were established.

To determine the effectiveness of special boards, the screen application on the coal wagon a set of numerical models was developed. The models allow to predict air pollution in the case of coal transportation in wagons and when effectiveness of proposed means of environment protection. Modeling of dust air pollution during coal transportation in wagon is carried out on the basis of multidimensional differential mass transfer equations. Modeling of pollution process on the basis of these equations allows to obtain information about the formation of the coal dust concentration field in the whole study area, and not only at some point in the environment. The developed models allow to predict the level of atmosphere dust pollution taking with account of physical factors which were not previously taken into account in research works in this field, namely: geometric shape of additional boards, air flow speed near the cargo surface, coal dust emission rate, coal dust diffusion, wagon speed.

It was shown that use of air curtain at the coal wagon allows to reduce dust pollution of environment during coal transportation.

Also, the mathematical model for forecasting the level of air pollution during coal transportation in wagons has been developed, which allows, unlike existing models, to take into account the speed of coal train and estimate the level of air pollution after passing of the train. On the basis of the performed experiments and processing of obtained experimental data the empirical model to estimate the coal dust rate from a cargo surface was obtained.

The practical value of the work is that the proposed methods of environment protection during the coal transportation require low economic costs for implementation. The manufacture of additional boards and screens can be performed using standard industrial equipment. The implementation of the proposed methods of protection does not require the installation of special equipment at loading stations (places of unloading), and does not require special retraining of workers. The effectiveness of the proposed methods of protection against environment dust pollution does not depend on climatic conditions. The developed numerical models allow to predict quickly the concentration of coal dust

in the air, taking into account the main physical factors influencing the process of dust pollution. These models make it possible to reduce the share of physical experiment during research study in this scientific field. The experimental results obtained were compared with the theoretical ones obtained on the basis of the developed numerical models. The developed numerical models were also verified.

Developed numerical models and methods of environmental protection are used in firm "Energoservice-KR" to develop technology to protect air from pollution during transportation of iron ore and coal, as well as in the educational process of the Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan.

Keywords: environmental pollution, coal dust, pollution modeling, environmental protection.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації**

#### *Статті в наукових фахових виданнях України*

1. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Минимизация интенсивности выноса пыли из полувагона при транспортировке угля. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті* : Науковий журн. 2016. № 11. С. 93–100. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

2. Беляев Н. Н., Оладипо М. О. Модели оценки уровня загрязнения атмосферы при транспортировке сыпучих грузов. *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2016. Вип. 5 (65). С. 22–29. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

3. Беляев Н. Н., Оладипо М. О. Проблема уноса угольной пыли. *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім.*

акад. В. Лазаряна. 2016. Вип. 6 (66). С. 17–24. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

4. Беляев Н. Н., Оладипо М. О. Расчет динамики загрязнения примагистральной территории при перевозке угля. *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2016. Вип. 1 (67). С. 18–26. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

5. Biliaiev M. M., Kozachyna V. A., Oladipo M. O. Reducing of environmental pollution during coal transportation. *Collection of Research Papers of National Mining University*. 2017. № 52. P. 325 –329.

6. Biliaiev M. M., Kozachyna V. A., Oladipo M. O. Dust from coal trains: reducing of environmental pollution in work places near railway. *Науковий вісн. будівництва*. 2017. № 2 (88). С. 268–271.

7. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе, Гыркало А. В. Прогнозирование уровня загрязнения рабочих зон возле железнодорожной магистрали. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сер.: Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве*. 2017. Вып. 98. С. 61–67.

- монографія:

8. Беляев Н. Н., Оладипо М. О., Кириченко П. С. Защита окружающей среды при транспортировке угля. Кривой Рог : Изд.: Р. А. Козлов, 2018. 92 с.

*Статті у закордонних наукових періодичних виданнях:*

9. Biliaiev M. M., Kozachyna V. A., Oladipo M. O. Numerical analysis of atmosphere pollution from coal train. *East European Scientific Journal*. 2019. Vol 3(43). P. 10–15.

10. Modeling of the atmosphere pollution from coal trains / Mykola Biliaiev, Vitalii Kozachyna, Viktoriia Biliaieva, Mutiu Olatoye Oladipo and Kateryna Chernyatyeva. *MATEC Web of Conf. EOT-2019*. Lviv, 2019. Vol. 294. 6 p. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929402007>



*Публікації у виданнях, які засвідчують апробацію матеріалів  
дисертації:*

11. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Математическое моделирование уноса угольной пыли. *Информатика, управління та штучний інтелект. Матеріали третьої міжнарод. науково-техн. конф. студентів, магістрів та аспірантів.* Харків : НТУ «ХП», 2016. С. 6.

12. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Экологические проблемы транспортировки сыпучих грузов железнодорожным транспортом. *Диференціальні рівняння та проблеми аерогідромеханіки й тепломасо-переносу : тези доп. Всеукр. наук. конф. (28-30 вересня 2016 р., Дніпро).* Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т, 2016. С. 62.

13. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Теоретическое и экспериментальное исследование уноса угольной пыли. *Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки (частина II) : матеріали II Міжнародної науково-практ. конф. (м. Київ, 29-30 листопада 2016 року).* Київ : МЦНД, 2016. С. 15–16.

14. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Компьютерно-информационная система анализа уноса угольной пыли. *Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании : тезисы X Международной научно-практ. конф. (Днепр, 14-15 декабря 2016 г.).* Днепр : ДИИТ, 2016. С. 90–91.

15. Беляев Н. Н., Оладипо Мутиу Олатойе. Моделирование загрязнения окружающей среды при транспортировке сыпучих грузов железнодорожным транспортом. *Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2016) : матеріали II Всеукр. науково-техн. конф. з міжнародною участю (м. Дніпро, 1-3 листопада 2016 р.).* Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2016. С. 26–27.

16. Оладипо М. О. Оценка уровня загрязнения воздушной среды возле железнодорожных магистралей с помощью информационной системы анализа уноса угольной пыли из вагонов. *Международный научный*

симпозиум «Неделя эколога – 2017» (ДДТУ, Каменское, 10-13.04.2017).  
Каменское, 2017. С.35.

17. Беляев Н. Н., Якубовская З. Н., Козачина В. А., Оладипо Мутиу Олатойе. *Математическое моделирование загрязнения транспортного коридора при перевозке угля. Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2018) : матеріали IV Міжнародної науково-техн. конф.* (м. Дніпро, 1-2 листопада 2018 р.). Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2018. С. 38.

18. Беляев Н. Н., Козачина В. А., Оладипо М. О. Защита атмосферного воздуха от загрязнения при перевозке угля: эксперимент, математическое моделирование. *79-та Міжнародна науково-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*, 16-17.05.2019, Дніпро. Дніпро : ДНУЗТ, 2019. С. 293–294.

19. Оладипо М. О. Экспертная оценка загрязнения рабочих зон при перевозке угля. *77-ма Міжнародна науково-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*, 11-12.05.2017, Дніпро. Дніпро: ДНУЗТ, 2017. С. 252.

20. Оладипо М. О. Анализ загрязнения атмосферного воздуха при перевозке угля в полувагонах. Результаты лабораторных исследований и математического моделирования. *Науковий симпозиум «Тиждень еколога – 2019»* (ДДТУ, Кам'янське, 07-10.10.2019). Кам'янське, 2019. С. 17.