

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА ОБ'ЄКТАХ ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Біляєв М.М.¹, Кіріченко П.С.², Татарко Л.Г.³

¹ *Український державний університет науки і технологій, ННІ ДІІТ, Д.т.н.,
професор, Україна*

² *Криворізький національний університет, к.т.н.,² доцент, Україна*

³ *Український державний університет науки і технологій, ННІ УДХТУ, к.т.н.,
доцент, Україна*

Анотація. У доповіді розглянуто чисельні моделі, які були побудовані для прогнозування забруднення робочих зон на різних об'єктах гірничопромислового комплексу. Розробка математичних моделей здійснена для різних ділянок та промислових майданчиків видобування та переробки залізної руди в Криворізькому районі. Розглянуті питання математичного моделювання поширення пилогазової хмари при вибухах в кар'єрах, виносу пилу від хвостосховищ та при перевантаженні гірничої маси на промислових майданчиках. Для математичного моделювання поширення домішки в повітрі робочих зон використовується конвективно-дифузійне рівняння переносу домішки. Дане рівняння враховує перенос домішки за рахунок руху повітряного потоку, атмосферної дифузії, гравітаційного осадження домішки. Для визначення поля швидкості повітряного потоку використовуються дві моделі аеродинаміки – модель потенціального руху та рівняння Ейлера. Для чисельного рішення моделюючих рівнянь використовуються кінцево-різницеві схеми та метод розщеплення. На основі розроблених чисельних моделей розроблено комплекс комп'ютерних програм.

Ключові слова: чисельне моделювання, забруднення повітря, робоча зона, охорона праці, екологічна безпека

Функціонування гірничопромислового комплексу пов'язано з інтенсивним забрудненням навколишнього середовища, та, в першу чергу, повітря. Дуже інтенсивне забруднення має місце при вибухах в кар'єрах та виносу пилу від хвостосховищ. Пилове забруднення від вибуху в кар'єрі носить раптовий та потужний характер. Пилова хмара поширюється в атмосфері та має місце значне забруднення атмосферного повітря та підстильної поверхні як в робочих зонах так і в селітебних зонах. Винос пилу з хвостосховищ – це довгострокове, теж інтенсивне забруднення повітря та підстильної поверхні. Слід підкреслити, що для оцінювання впливу виносу пилу від хвостосховищ та

при вибуху в кар'єрі використовуються спрощені математичні моделі, емпіричні або аналітичні. Для отримання більш науково-обґрунтованої інформації слід використовувати чисельні моделі, що дають можливість врахувати основні фізичні фактори, що впливають на формування областей забруднення.

Для рішення складних задач аеродинаміки та масопереносу домішки при викидах в кар'єрах, виносу пилу з хвостосховищ та при перевантаженні гірничої маси на промислових майданчиках розроблений комплекс чисельних моделей. Для визначення поля швидкості повітряного потоку в умовах складного рельєфу та при наявності на промисловому майданчику різного роду перешкод використовуються:

1. рівняння для потенціалу швидкості;
2. рівняння Ейлера.

Для формування складної геометричної форми розрахункової області використовується метод маркування.

Процес розповсюдження домішки в повітрі моделюється рівнянням масопереносу. Дане рівняння враховує перенос домішки за рахунок швидкості повітряного потоку та атмосферної дифузії. Для визначення швидкості осадження домішки в повітрі використовується формула Стокса. Для чисельного інтегрування 2D та 3D моделюючих рівнянь аеродинаміки та масопереносу використовуються явні різницеві схеми.

Розроблені математичні моделі відносяться до класу «operational models», тобто, орієнтовані на проведення серійних розрахунків на етапі «фор – ескіз». Особливістю розроблених чисельних моделей є оперативність розрахунків – час на проведення обчислювального експерименту дорівнює 5-10 сек.

Слід підкреслити, що розроблені чисельні моделі можуть бути використані для оцінювання параметрів мікроклімату всередині робочих приміщень.

Наведені результати обчислювальних експериментів на базі побудованих чисельних моделей.

Висновки

1. Побудовані чисельні моделі для аналізу динаміки забруднення атмосферного повітря та підстильної поверхні при поширенні в атмосфері пилогазової хмари, що утворилася після вибуху в кар'єрі. Для практичної реалізації розроблених чисельних моделей використовується стандартна метеорологічна інформація. Побудовані моделі дають можливість визначити найбільш забрудненні області підстильної поверхні.

2. Запропановані чисельні моделі для розрахунку процесу виносу пилу від хвостосховищ. Моделі дають можливість визначити ефективність подачі води на поверхню хвостосховища з метою зменшення пилоутворення.

3. Розроблені чисельні моделі для аналізу пилового забруднення повітря на ділянках перевантаження гірничої маси. Моделі дають можливість визначити рівень небезпеки для працівників в робочих зонах при різних метеоумовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Medvedieva O., Biliaiev M., Kozachyna V., Mormul T., Buketov V. Experimental Study of Dust Emission Intensity from the Surface of the Alluvium Beach. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1348 : Essays of Mining Science and Practice : Proceedings of the V International Conference. Article 012072. DOI: 10.1088/1755-1315/1348/1/012072.
2. Lapshyn Ye., Biliaiev M., Biliaieva V., Halchenko Z., Medanyk V., Buketov V. Numerical Modeling of the Wind Regime on the Beaches of the Wash of the Artificial Storage Facilities for Mineral Processing Waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1348 : Essays of Mining Science and Practice : Proceedings of the V International Conference. Article 012080. DOI: 10.1088/1755-1315/1348/1/012080.
3. Semenenko Ye., Medvedieva O., Biliaiev M., Rusakova T., Blyuss K. Numerical Analysis of Aerodynamic Regime Near Tailings Storage Facility. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1156, Iss. 1 : 4th International Conference on Essays of Mining Science and Practice (Dnipro 9–11 November 2022, Ukraine). DOI: 10.1088/1755-1315/1156/1/012006.
4. Чисельне моделювання забруднення повітря на промисловому майданчику під час штилю / М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, О.В. Берлов, А.В. Краснюк, В.В. Цуркан // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. «Український журнал будівництва та архітектури». – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2022. – № 4 (010). – С. 7–13. DOI:10.30838/J.BPSACEA.2312.250822.7.871

MATHEMATICAL MODELING OF AIR POLLUTION AT MINING AND INDUSTRIAL COMPLEX FACILITIES

Mykola Biliaiev, Pavlo Kirichenko, Larysa Tatarko

Abstract. *The report considers numerical models that were built to predict contamination of working areas at various facilities of the mining complex. Mathematical models were developed for various areas and industrial sites for the extraction and processing of iron ore in the Kryvyi Rih district. The issues of mathematical modeling of the spread of dust and gas clouds during explosions in quarries, dust removal from tailings dumps and during overloading of rock mass at industrial sites are considered. For mathematical modeling of the spread of impurities in the air of working areas, the convective-diffusion equation of impurity transport is used. This equation takes into account the transfer of impurities due to the movement of the air flow, atmospheric diffusion, and gravitational deposition of impurities. To determine the air flow velocity field, two aerodynamic models are used - the potential motion model and the Euler equation. Finite-difference schemes and the splitting method are used to numerically solve the modeling equations. Based on the developed numerical models, a set of computer programs has been developed.*

Keywords: *numerical modeling, air pollution, work area, occupational safety, environmental safety*

REFERENCE

1. Medvedieva O., Biliaiev M., Kozachyna V., Mormul T. and Buketov V. (2024). Experimental Study of Dust Emission Intensity from the Surface of the Alluvium Beach. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1348 : Essays of Mining Science and Practice : Proceedings of the V International Conference. Article 012072. DOI: 10.1088/1755-1315/1348/1/012072.
2. Lapshyn Ye., Biliaiev M., Biliaieva V., Halchenko Z., Medianyuk V., Buketov V. (2024). Numerical Modeling of the Wind Regime on the Beaches of the Wash of the Artificial Storage Facilities for Mineral Processing Waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1348 : Essays of Mining Science and Practice : Proceedings of the V International Conference. Article 012080. DOI: 10.1088/1755-1315/1348/1/012080.
3. Semenenko Ye., Medvedieva O., Biliaiev M., Rusakova T., Blyuss K. (2023). Numerical Analysis of Aerodynamic Regime Near Tailings Storage Facility. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1156, Iss. 1 : 4th International Conference on Essays of Mining Science and Practice (Dnipro 9–11 November 2022, Ukraine). DOI: 10.1088/1755-1315/1156/1/012006.
4. Biliaiev M. M., Biliaieva V. V., Berlov O. V., Krasniuk A. V. and Tsurkan V. V. (2022). Chyselne modelyuvannya zabrudnennya povitrya na promyslovomu majdanchyku pid chas shtylyu. [Numerical modeling of air pollution at an industrial site during calm weather]. Ukrayinskyj zhurnal budivnytstva ta arxitektury [Ukrainian Journal of Construction and Architecture]. Vol. 4(010), 2022. – S. 7-13. DOI:10.30838/J.BPSACEA.2312.250822.7.871