

UDC 628.5

Yevhenii Lashko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9691-4648> **e-mail:** evgeny.lashko.lj@gmail.com

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

THE CONCEPT OF ENVIRONMENTAL-INDUSTRIAL SAFETY: FORMING A UNIFIED APPROACH

Abstract. *The article provides a comprehensive study of the concept and structure of the environmental-industrial safety system as an integrated model for managing the impacts of industrial activities on the environment, workers' health, and public well-being. It analyses the evolution of scientific approaches to understanding environmental-industrial safety, the connection of this concept with sustainable development, integrated environmental permits (IEP), and international HES (Health, Environment, Safety) systems. The necessity of a unified interdisciplinary approach to managing environmental and industrial risks is substantiated. Particular attention is paid to risk assessment methods within the HES framework, mathematical modeling and computer simulation of hazardous processes, and the development of a national risk management model that combines legal, technical, organizational, and digital mechanisms. Conceptual foundations for building Ukraine's environmental-industrial safety system in the context of harmonization with European directives and ESG requirements are proposed.*

Key words: *environmental-industrial safety, integrated environmental permit, HES system, risk management, ecological simulation, sustainable development, industrial ecology, safety digitalization.*

Є.Є. Лашко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

ПОНЯТТЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГО-ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ: ФОРМУВАННЯ ЄДИНОГО ПІДХОДУ

Анотація. У статті здійснено комплексне дослідження поняття та структури системи еколого-виробничої безпеки як інтегрованої моделі управління впливами промислового виробництва на довкілля, здоров'я працівників і населення. Проаналізовано розвиток наукових підходів до розуміння сутності еколого-виробничої безпеки, розкрито зв'язок цієї категорії з концепціями сталого розвитку, інтегрованого довкілєвого дозволу (ІДД) та міжнародних систем HES (Health, Environment, Safety). Обґрунтовано необхідність переходу до єдиного інтердисциплінарного підходу у формуванні системи управління екологічними та виробничими ризиками. Особливу увагу приділено методам оцінки ризиків у рамках системи HES, математичному та комп'ютерному моделюванню небезпечних процесів і формуванню національної моделі управління ризиками, яка поєднує правові, технічні, організаційні та цифрові механізми. Запропоновано концептуальні засади побудови системи еколого-виробничої безпеки України у контексті гармонізації з європейськими директивами та сучасними вимогами ESG-стратегій.

Ключові слова: *еколого-виробнича безпека, інтегрований довкілєвий дозвіл, HES-система, управління ризиками, екологічне моделювання, сталий розвиток, промислова екологія, цифровізація безпеки.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.124-132>

Вступ

Сучасний етап розвитку промислового виробництва в Україні та світі характеризується переходом від ресурсно-виснажливих моделей економіки до парадигми сталого розвитку, де пріоритетом стає не тільки економічна ефективність, а й екологічна збалансованість і безпека працівників. В умовах глибокої трансформації промислового комплексу України, відновлення після воєнних руйнувань і модернізації інфраструктури особливого значення набуває формування ефективної системи еколого-виробничої безпеки (СЕВБ) – як інтегрованої системи управління екологічними, технологічними, виробничими та соціальними ризиками.

У міжнародній практиці подібні системи відомі як HES (Health, Environment, Safety) або HSE (Health, Safety, Environment) [1]. Вони об'єднують принципи охорони праці, техногенної безпеки й екологічного менеджменту у єдину структуру управління ризиками. Україна, поступово імплементуючи норми ЄС у сфері промислової екології, наближається до зазначеного підходу, проте досі відсутнє чітке методологічне та термінологічне визначення самої системи еколого-виробничої безпеки як цілісної категорії.

Одним із ключових елементів такої системи є інтегрований дозвіл (ІДД) – правовий механізм, який визначає допустимі рівні впливів підприємства на довкілля за принципом «один об'єкт – один дозвіл». Цей інструмент, запроваджений директивами ЄС, зокрема Директивою 2010/75/ЄС щодо промислових викидів, дозволяє поєднати вимоги екологічного законодавства, охорони праці та технологічних стандартів у єдиній системі контролю [2].

Отже, система еколого-виробничої безпеки – це не тільки сукупність технічних й організаційних заходів, а й парадигма відповідального управління ризиками, що ґрунтується на наукових принципах системного аналізу, комп'ютерних моделей, цифрового моніторингу, екологічного права та соціальної відповідальності бізнесу.

Сформулювати єдиний підхід до цього поняття – означає створити фундамент для переходу української промисловості до сучасних європейських стандартів екологічного управління, інтегрованого контролю, моніторингу й оцінки ризиків.

Мета роботи

Метою дослідження є комплексне дослідження поняття та структури системи еколого-виробничої безпеки як інтегрованої моделі управління впливами промислового виробництва на довкілля, здоров'я працівників і населення.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати теоретико-методологічні засади формування системи еколого-виробничої безпеки;
- вдосконалити методи оцінки ризиків у системі HES;
- обґрунтувати використання математичного та комп'ютерного моделювання процесів у системі еколого-виробничої безпеки;
- виконати синтез єдиного підходу: інтеграція ІДД, HES і цифрового моніторингу.

Основна частина

Поняття «еколого-виробнича безпека» (ЕВБ) формується на перетині декількох наукових напрямів – екології, інженерної безпеки, гігієни праці, техногенної безпеки, економіки природокористування та соціології ризику. На відміну від традиційного підходу до охорони праці чи промислової екології, СЕВБ розглядає виробництво та довкілля як єдину систему, де ризики для здоров'я, природи та технологічних процесів взаємопов'язані.

Історично концепція ЕВБ почала розвиватися наприкінці ХХ століття, коли відбулося усвідомлення того, що екологічні наслідки виробництва не можуть розглядатися відокремлено від безпеки працівників і населення навколишніх громад. В основі цього підходу лежить системне мислення, яке ґрунтується на принципі «системи екологічно-виробничої безпеки». Ця система включає технологічні процеси, людей, природні компоненти, матеріальні ресурси, енергетичні потоки, інформаційні канали та соціальні зв'язки, які взаємодіють у реальному часі.

Розвиток концепції ЕВБ значною мірою пов'язаний із міжнародною системою НЕС, яка сформувалася у 1970–1980-х роках у нафтовидобувній, хімічній і енергетичній промисловості. Саме тоді було вперше визнано, що управління безпекою праці, промисловими ризиками й екологічними наслідками має здійснюватись у єдиній системі, а не у вигляді трьох окремих підрозділів. Поступово ця модель трансформувалася у глобальні стандарти – ISO 14001 (екологічний менеджмент), ISO 45001 (охорона праці) та ISO 31000 (управління ризиками), які на сьогодні формують основу для системи еколого-виробничої безпеки у більшості розвинених країн.

В Україні до сьогодні не існує єдиного нормативного визначення зазначеної категорії. На основі синтезу відомих підходів [3, 4] пропонується таке авторське визначення: «Система еколого-виробничої безпеки – це багаторівнева інтегрована система державного, корпоративного та суспільного управління, спрямована на прогнозування, запобігання та мінімізацію негативного впливу промислової діяльності на людину та довкілля шляхом застосування принципів сталого розвитку, інтегрованого ризик-менеджменту, інноваційних технологій і цифрового моніторингу». Таке визначення відображає не тільки структурну складність системи, а й її динамічну сутність – ЕВБ як процес постійного вдосконалення та навчання.

Основні принципи системного підходу до ЕВБ включають:

- 1) Інтегрованість – об'єднання технічних, екологічних, соціальних і правових аспектів у єдину систему управління.
- 2) Превентивність – орієнтація на попередження ризиків, а не тільки на ліквідацію наслідків.
- 3) Ітеративність і адаптивність – безперервне вдосконалення системи шляхом моніторингу, аналізу, цифровізації та навчання.
- 4) Прозорість і відкритість даних – доступ громадськості й органів державної та місцевої влади до інформації щодо впливів підприємств на довкілля.
- 5) Відповідальність і сталий розвиток – поєднання економічних інтересів виробництва з екологічними обмеженнями та соціальними цінностями.

Методологічно СЕББ реалізується шляхом циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act), запозиченого із систем менеджменту якості, що дозволяє забезпечити постійне вдосконалення процесів управління ризиками. У межах цього циклу:

- на етапі планування (Plan) визначаються джерела ризиків, параметри моніторингу, нормативні обмеження;
- на етапі виконання (Do) впроваджуються технічні, організаційні й екологічні заходи;
- на етапі контролю (Check) здійснюється оцінка результатів, аудит, аналіз даних;
- на етапі корекції (Act) – оновлення політик, інструкцій, технологічних рішень відповідно до результатів аналізу.

Інтегрований довкіллевий дозвіл – це ключовий правовий інструмент, який забезпечує формування єдиного регуляторного поля для всіх аспектів екологічної безпеки підприємства. Його сутність полягає у встановленні гранично допустимих впливів на довкілля на основі принципу найкращих доступних технологій (BAT – Best Available Techniques).

ІДД забезпечує взаємозв'язок між нормативними актами у галузі охорони атмосферного повітря, водних ресурсів, поводження з відходами, хімічної безпеки й охорони праці. На практиці це означає, що підприємство отримує єдиний дозвіл, який охоплює всі аспекти його діяльності, а не окремі дозволи для кожного виду впливу. Це суттєво спрощує адміністрування, підвищує прозорість і дозволяє державі здійснювати інтегрований моніторинг.

Для СЕББ ІДД є базовим компонентом, який задає нормативно-правові рамки ризик-менеджменту. Саме на його основі формуються екологічні індикатори, вимоги до моніторингу, критерії для оцінки результативності заходів HES. Отже, інтегрований довкіллевий дозвіл стає юридичним ядром інтегрованої системи еколого-виробничої безпеки.

Система HES є концептуальною моделлю, яка поєднує три ключові складові:

- health (здоров'я) – захист працівників від небезпечних факторів виробничого середовища;
- environment (довкілля) – зменшення негативного впливу на природу;
- safety (безпека) – запобігання аваріям, пожежам, техногенним катастрофам.

У контексті ЕББ зазначені елементи інтегруються у єдину багаторівневу систему управління, яка включає:

- стратегічний рівень – політика сталого розвитку підприємства, ESG-зобов'язання, корпоративна звітність;
- тактичний рівень – стандарти ISO, ІДД, внутрішні регламенти, програми моніторингу;
- операційний рівень – конкретні технологічні процеси, технічний контроль, дії персоналу.

Важливо, що сучасні системи HES поступово доповнюються цифровими технологіями – HES 4.0, які включають автоматизовані сенсорні мережі, штучний інтелект для прогнозування аварій, цифрові двійники виробництв, які дозволяють проводити моделювання сценаріїв небезпек у реальному часі [5].

Ризик у контексті еколого-виробничої безпеки визначається як імовірність настання небажаної події, помножена на тяжкість її наслідків для здоров'я людини, довкілля чи технологічного процесу. Цей підхід поєднує ймовірнісну, економічну й екологічну інтерпретації ризику, що робить його універсальним показником ефективності системи НЕС.

Згідно з міжнародними стандартами ISO 31000 (управління ризиками) й ISO 45001 (охорона праці), управління ризиками – це систематичний процес виявлення, аналізу, оцінки та контролю ризиків із метою мінімізації шкоди або її попередження.

У системі НЕС цей процес має три виміри:

- людський (захист персоналу, психофізіологічна надійність);
- технічний (надійність технологій, обладнання, енергосистем);
- екологічний (стійкість природного середовища до техногенних впливів).

Складова ризику ЕВБ має бути кількісно оціненою, що дозволяє створити спільну мову управління для інженерів, екологів, економістів, юристів і менеджерів. Це особливо важливо для інтегрованих систем типу НЕС, де управління ризиками стає ядром інтердисциплінарної взаємодії.

Методи оцінки ризиків у системі НЕС поділяються на якісні, напівкількісні та кількісні. Їх вибір залежить від типу небезпеки, доступності даних, рівня невизначеності та цілей дослідження.

Математичне моделювання є основним інструментом кількісної оцінки ризиків у системі НЕС. Його суть полягає у визначенні функцій імовірності настання подій, інтенсивності відмов, розподілу небезпечних концентрацій шкідливих речовин тощо.

Для виробничих систем доцільно застосовувати багатофакторні моделі, які враховують одночасно декілька груп ризиків:

$$R = f(E, T, H, S), \quad (1)$$

де E – екологічні фактори (викиди, забруднення, кліматичні впливи), T – технічні (знос обладнання, відмови систем), H – людські (поведінкові помилки, рівень навчання), S – соціально-організаційні (система управління, культура безпеки).

Кожен із цих параметрів може бути поданий через підмножину статистичних змінних, що дозволяє побудувати мультиагентну модель ризику. Для складних систем – таких як гірничодобувні комбінати, металургійні заводи або енергетичні блоки – використовуються методи Монте-Карло, Баєсівського аналізу, нейронних мереж, які дозволяють прогнозувати ризики за великої кількості невизначеностей.

У СЕВБ розрізняють два основних класи ризиків – екологічні (впливи на довкілля) та виробничі (ризики для працівників і технологій). Хоча вони мають різну природу, методи їхнього аналізу взаємопов'язані.

Екологічний ризик визначається як імовірність того, що вплив виробничих процесів перевищить гранично допустимі норми, спричинивши деградацію екосистеми чи шкоду здоров'ю працівника. Для його оцінки використовують: моделі поширення забруднюючих речовин у повітрі та воді (Гаусові та дисперсійні моделі); розрахунок зон ураження під час аварій (моделі CFD); індикаторні системи (наприклад, індекс екологічної безпеки – ЕНІ).

Виробничий ризик пов'язаний із технічними відмовами, пожежами, вибухами, травмуваннями персоналу. Його аналіз передбачає: визначення частоти небезпечних подій (λ , відмов/год); побудову сценаріїв розвитку аварії (дерева подій); розрахунок інтегрального коефіцієнта ризику R_{int} , що поєднує частоту та тяжкість події.

Впровадження результатів оцінки ризику у практику здійснюється шляхом Risk-Based Thinking – концепції, за якою всі управлінські рішення приймаються з урахуванням ризиків і можливостей. Це вимагає побудови карти ризиків (Risk Map) підприємства з поділом за категоріями – стратегічні, технологічні, екологічні, соціальні, інформаційні.

Оцінка ризиків є ключовим елементом у побудові інтегрованої системи управління типу HES. У межах інтегрованого довікільєвого дозволу вона використовується для:

- визначення гранично допустимих технологічних параметрів (BAT-AELs – emission levels);
- обґрунтування планів екологічного моніторингу;
- вибору методів контролю аварійних ситуацій;
- формування звітності за принципом Risk-Based Compliance.

На практиці це означає, що підприємство має не тільки задекларувати дотримання норм, а й кількісно довести прийнятність ризиків для довкілля та здоров'я. У ЄС подібні вимоги закріплені у директивах IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) й IED (Industrial Emissions Directive) [6, 2]. В Україні цей підхід поступово імплементується через Закон «Про інтегрований довікільєвий дозвіл» (2022 р.) і відповідні підзаконні акти [7].

Отже, методи оцінки ризиків є серцевиною системи HES, яка забезпечує перехід від декларативного до аналітичного управління безпекою. Це дозволяє створювати адаптивні моделі управління, де рішення ґрунтуються на даних, прогнозах і цифровому моніторингу, а не тільки на формальних процедурах.

Побудова ефективної системи еколого-виробничої безпеки потребує науково обґрунтованої основи для аналізу, прогнозування й управління ризиками. Одним із ключових інструментів, що забезпечує таку основу, є математичне та комп'ютерне моделювання, яке дозволяє відтворити динаміку складних природно-техногенних систем, оцінити поведінку небезпечних процесів і розробити оптимальні стратегії реагування.

Математичне моделювання у контексті ЕВБ ґрунтується на системному підході, який розглядає виробництво, довкілля та людину як взаємопов'язані підсистеми єдиної соціо-техно-природної системи. Це дає змогу не тільки описувати фізико-хімічні процеси у середовищі, а й урахувати соціально-економічні наслідки й управлінські рішення, які впливають на рівень ризику.

Математичне моделювання процесів у системі еколого-виробничої безпеки спирається на рівняння неперервності, руху, енергії та масообміну, які відображають поведінку речовини у просторі та часі. Ці рівняння описують закономірності утворення, поширення та розсіювання шкідливих речовин, а також взаємодію техногенних факторів із природними компонентами середовища.

Для кількісного опису ризиків застосовуються моделі детерміністичного та стохастичного типів. Детерміністичні моделі дозволяють отримати прогностичні сценарії за відомих вихідних параметрів, тоді як стохастичні

враховують невизначеність процесів і ймовірнісний характер подій. Їх поєднання забезпечує комплексну оцінку надійності виробничої системи та її впливу на довкілля.

Комп'ютерні технології обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD) стали одним із найкращих інструментів сучасної екологічної інженерії [8]. Вони дозволяють розраховувати параметри руху газових і рідинних потоків у складних геометріях, моделювати поширення домішок у повітрі, воді чи ґрунті, враховуючи турбулентність, температурні градієнти, вплив рельєфу й архітектури промислових споруд [9–11].

У СЕВБ CFD-моделі виконують кілька функцій:

- оцінку зон потенційного перевищення гранично допустимих концентрацій;
- аналіз ефективності вентиляційних і пилоосаджувальних систем;
- прогнозування наслідків аварійних викидів і пожеж;
- валідацію даних екологічного моніторингу.

Отже, CFD-аналіз стає складовою проактивного управління безпекою, що дозволяє реагувати на можливі загрози ще до їхнього виникнення.

Сучасний напрям цифровізації безпеки реалізується через концепцію цифрового двійника (Digital Twin) – віртуальної копії виробничого об'єкта, що відображає його поточний стан у режимі реального часу.

Поєднання цифрового двійника з моделями ризиків, CFD-розрахунками та системами моніторингу створює нову парадигму управління ЕВБ – інтелектуальну систему самонавчального управління ризиками. Це забезпечує безперервне вдосконалення процесів за принципом PDCA, підвищуючи рівень надійності, прозорості й адаптивності системи.

Побудова єдиного підходу до управління еколого-виробничою безпекою ґрунтується на необхідності поєднання трьох системних рівнів: нормативно-правового (інтегрований довкіллевий дозвіл), управлінського (Health, Environment, Safety) і технологічного (цифрові інструменти моніторингу та моделювання).

Така інтеграція дозволяє усунути розрив між регуляторними вимогами, практичним управлінням ризиками та реальними технічними процесами на підприємствах.

Інтегрована система еколого-виробничої безпеки має тривірневу архітектуру:

1) Нормативний рівень (ІДД) – формує базові екологічні вимоги, критерії найкращих доступних технологій (BAT), визначає межі викидів і стандарти звітності.

2) Управлінський рівень (HES) – забезпечує реалізацію принципів ризик-орієнтованого менеджменту відповідно до міжнародних стандартів ISO 14001, ISO 45001, ISO 31000, а також включає механізми внутрішнього аудиту, моніторингу та навчання персоналу.

3) Цифровий рівень – забезпечує автоматизований моніторинг, аналітику даних і підтримку прийняття рішень за допомогою цифрових двійників, систем SCADA й інструментів Big Data.

Поєднання цих рівнів створює замкнутий цикл управління – від ідентифікації ризиків до коригувальних дій і постійного вдосконалення системи.

Реалізація інтегрованого підходу відбувається шляхом поетапної послідовності дій:

- ідентифікація небезпек і побудова карт ризику;
- кількісна оцінка ризиків за допомогою математичних і комп'ютерних моделей;
- порівняння отриманих результатів із нормативними параметрами ІДД;
- розроблення й упровадження управлінських заходів у рамках HES;
- моніторинг ефективності дій і формування звітності за принципом PDCA.

Отже, система набуває адаптивного характеру, що вможливорює оперативно реагувати на зміну технологічних умов і стану довкілля. Впровадження інтегрованого підходу сприяє підвищенню ефективності управління ризиками, оптимізації витрат на екологічний контроль, забезпеченню прозорості звітності та підвищенню довіри з боку регуляторів і громадськості. Крім того, така система створює підґрунтя для реалізації корпоративних стратегій ESG (Environmental, Social, Governance), що відповідають Цілям сталого розвитку ООН і вимогам європейського екологічного законодавства.

Висновки

Система еколого-виробничої безпеки у сучасному розумінні є інтегрованою багаторівневою структурою, яка поєднує нормативно-правові, управлінські та технологічні інструменти. Її ефективне функціонування ґрунтується на принципах системності, превентивності, адаптивності та прозорості.

У результаті виконаного комплексного дослідження можна зробити висновок, що:

- 1) Еколого-виробнича безпека є невід'ємною складовою сталого розвитку виробництва, яка об'єднує функції управління ризиками, екологічного контролю й охорони праці.
- 2) Математичне та комп'ютерне моделювання слугує універсальним інструментом оцінки ризиків, прогнозування сценаріїв небезпек і планування заходів мінімізації впливу.
- 3) Інтеграція ІДД, HES і цифрових технологій формує єдиний підхід до управління безпекою, заснований на безперервному циклі вдосконалення PDCA.
- 4) Запровадження цифрових двійників і CFD-моделей у практику дозволяє підвищити точність оцінки ризиків і знизити рівень невизначеності у прийнятті рішень.
- 5) Єдиний підхід до еколого-виробничої безпеки створює основу для гармонізації національної системи управління безпекою з європейськими екологічними директивами.

Подальший розвиток досліджень має бути спрямований на створення інтелектуальних систем управління ризиками, які використовують штучний інтелект і машинне навчання під час роботи з великими масивами даних для прогнозування та мінімізації загроз у режимі реального часу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- 1) Hajipour, V., Amouzegar, H., Gharaci, A., Abarghoei, M.S.G., & Ghajari, S. (2021). An integrated process-based HSE management system: A case study. *Safety Science*, 133, 104993. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104993>
- 2) Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (recast) (Text with EEA relevance). European Parliament. URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>
- 3) Poliova, N., & Andrushkevych, N. (2025). Theoretical aspects of environmental safety management at industrial enterprises. *City development*, (2(06)), 120–126. <https://doi.org/10.32782/city-development.2025.2-16>
- 4) Biliavska, Yu., & Minakov M. (2020). Formation of environmental management at the enterprise. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series Economic Sciences*, 37, 24–28. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2020-37-4>
- 5) Kien, Dang Trung, Colcha Ortiz, Raquel Virginia, Özker, Ahmet Niyazi, Pozo Safla, Edwin Rodolfo, Misnan, Mohd Saidin, & Phorah, Kokisa (2025). Digital Twin Technology for Real-Time Risk Management in Industrial IOT Systems. *Journal of Information Systems Engineering and Management*. 10(53s), 1124–1133.
- 6) Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (Codified version) (Text with EEA relevance). European Parliament. URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/1/oj>
- 7) On integrated prevention and control of industrial pollution, Law of Ukraine, Specification on July 16, 2024 № 3855-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-20#Text>
- 8) Pantusheva, M., Mitkov, R., Hristov, P. O., & Petrova-Antonova, D. (2022). Air Pollution Dispersion Modelling in Urban Environment Using CFD: A Systematic Review. *Atmosphere*, 13(10), 1640. <https://doi.org/10.3390/atmos13101640>
- 9) Lashko, Y., Sukach, S., Laktionov, I., Chencheva, O., Rieznik, D., & Kortsova, O. (2025). Predictive Mathematical and Computer Model for Determining Harmful Effects of Dust Pollution on the Environment and Workers. *Baltic Journal of Modern Computing*, 13(2), 436–452. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2025.13.2.08>
- 10) Lashko, Y., Chencheva, O., Levchenko, L., Myshchenko, I., & Bolibrukh, B. (2025). Evaluation of the aerological condition during open-pit mining operations based on three-dimensional models of quarries. *Advanced Information Systems*, 9(2), 18–24. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.2.03>
- 11) Lashko, Y., Chencheva, O., Laktionov, I., Rieznik, D., & Halchenko, N. (2024). Mathematical and Computer Simulation of the Process of Movement of Respirable Dust Particles in the Working Area. *Baltic Journal of Modern Computing*, 12(3), 270–285. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2024.12.3.04>

Стаття надійшла до редакції 18.12.25, надійшла після рецензування 30.01.26, прийнята 04.03.26

The article was received 18.12.25, received after revision 30.01.26, accepted 04.03.26

Лашко Євгеній Євгенович

кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Адреса робоча: вул. Університетська, 20, м. Кременчук, Україна, 39600

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9691-4648> e-mail: evgeny.lashko.lj@gmail.com