



pesconf.nuczu.edu.ua

ПРОБЛЕМИ
НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ

Civil Security
Цивільна безпека

International Scientific
Applied Conference
"PROBLEMS
OF EMERGENCY SITUATIONS"

Chemical Technology and Engineering
Хімічна технологія та інженерія

Physics and Materials Science
Фізика та матеріалознавство

Applied Geometry, Engineering Graphics and Information Technology
Прикладна геометрія, інженерна графіка та інформаційні технології

Cherkasy



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
21 травня 2026 року

Редакційна колегія

Ігор ТОЛОК, к.пед.н., доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений працівник освіти України, Національний університет цивільного захисту України;

Юрій БОГУРСЬКИЙ, начальник Управління освіти, науки та спорту Державної служби України з надзвичайних ситуацій;

Олександр ДЖУЛАЙ, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Євгеній РИБКА, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Роман ПОНОМАРЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Руслан МЕЛЕЩЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Олександр ПОПОВ, д.т.н., професор, член-кореспондент Національної академії наук України, Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики Національної академії наук України;

Валентин МЕЛЬНИК, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Володимир АНДРОНОВ, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національна академія Національної гвардії України;

Василь ПЕТРУК, д.т.н., професор, Заслужений природоохоронець України, Вінницький національний технічний університет;

Jenq-Renn CHEN, PhD, Professor, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);

Юрій ОТРОШ, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Andy DUNCAN, International Committee of the Red Cross (Switzerland);

Юлія ДАНЧЕНКО, д.т.н., професор, Національна академія Національної гвардії України;

Wolfgang Karl-Heinz REICH, Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence (Czech Republic);

Вадим НІЖНИК, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Luca ROMANO, Avvocato dell'Atomo (Italy);

Оксана КИРИЧЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Dieter ROTHBACHER, CBRN Protection GmbH (Austria);

Микола СУР'ЯНИНОВ, д.т.н., професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури;

Erika SUZUKI, Gamma Reality Inc. (USA);

Konstantinos SOTIRIADIS, Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences (Czech Republic);

Андрій БАМБУРА, д.т.н., професор, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»;

Oksana TELAK, DSc, Main School of Fire Service (Poland);

Марія БАРАБАШ, д.т.н., професор, ТОВ «ЛІРА-САПР», Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут»;

Oleh TURUTANOV, PhD, Comenius University (Slovakia);

Сергій БЛИК, д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;

Денис ГРЕЦЬКИЙ, к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет;

Василь ГОЛІНЬКО, д.т.н., професор, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»;

Олександр ГОЛОДНОВ, д.т.н., професор, Національний авіаційний університет;

Rajnai ZOLTÁN, DSc, Professor, Óbuda University (Hungary);

Богдан ДЕМЧИНА, д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка»;

Laura COCHRANE, Emergent Countermeasures International Limited Company (United Kingdom);

Lucia FIGULI, PhD., Armed Forces Academy of General Milan Rastislav Štefánik (Slovakia);

Андрій КОНДРАТЬЄВ, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова.

Відповідальний секретар: **Ніна РАШКЕВИЧ**, PhD, Національний університет цивільного захисту України.

Секретарі: **Ірина МЕЛЬНИК**, **Едуард ШОЛОКОВ**, **Владислав ЛОМАКІН**, **Вікторія ДАГІЛЬ**, **Людмила АНДРЕЄВА**, Національний університет цивільного захисту України.

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: НУЦЗ України, 2026. 566 с.

У збірнику включено матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; моніторинг та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки (протокол № 3 від 24.03.2026 р.).

Шановні колеги та колежанки!

Вітаю всіх із відкриттям Міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**».

Маю приємну нагоду привітати від імені наукових та науково-педагогічних працівників Національного університету цивільного захисту України всіх учасників наукового форуму, який вже 7-й рік поспіль проводиться в стінах нашого закладу вищої освіти.

У сучасних умовах перед підрозділами ДСНС постають складні й багатогранні завдання, пов'язані, на жаль, із високим ризиком для життя. Докладаючи максимум зусиль, рятувальники на всіх напрямках своєю щоденною працею доводять, що людське життя є найвищою цінністю, особливо в час, коли агресор нещадно руйнує все навколо.

Наш захід, без сумніву, відповідає викликам сьогодення. Питання, винесені на обговорення у межах конференції, є актуальними, пріоритетними та суспільно значимими.

Маю надію, що наша конференція зробить вагомий внесок у розвиток пріоритетної для України рятувальної справи.

Традиційними стали доповіді, присвячені питанням запобігання надзвичайним ситуаціям, науково-практичним аспектам моніторингу та управління у сфері цивільного захисту, реагуванню на надзвичайні ситуації та ліквідації їх наслідків, хімічним технологіям та інженерії, радіаційному й хімічному захисту, екологічній безпеці та охороні праці. Адже багатьох надзвичайних ситуацій можна було б уникнути або зменшити їхні наслідки за умови використання сучасних методів та засобів запобігання.

Приємно відзначити участь у конференції та всебічну підтримку наших колег Азербайджанської Республіки, Чеської Республіки, Словацької Республіки, Республіки Польща, Швейцарської Конфедерації та Королівства Іспанія.

Бажаю всім учасникам Міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**» міцного здоров'я, родинного затишку, творчої наснаги та вагомих професійних здобутків. Нових відкриттів, успішної реалізації наукових ідей та натхнення для подальшої праці задля добробуту українського народу й процвітання України.

Разом до Перемоги! Слава Україні!

Ректор Національного університету
цивільного захисту України,
генерал-майор

Ігор ТОЛОК

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ У ТУНЕЛЬНИХ СИСТЕМАХ ГІРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Кордіяка І. М.,

Карабин В. В., д.т.н., професор

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Будівництво та експлуатація тунельних систем є оптимальним методом подолання складних і небезпечних гірських рельєфів під час розвитку транспортної інфраструктури. Однак цей процес супроводжується неперервним розкриттям нових геологічних особливостей та втручанням у напружено-деформований стан порід. В умовах складчастих гірських споруд суттєво зростає ризик виникнення надзвичайних ситуацій, оскільки в умовах перенапруження слабкі та тріщинуваті масиви мають підвищений ризик обвалів, вивалів блоків [1, 2]. Тому мінімізація цих загроз є першочерговим завданням у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям.

Для оцінки якості гірських порід та вибору відповідного кріплення інженери традиційно використовують такі кількісні методи класифікації, як RMR (Rock Mass Rating) або Q-система. Незважаючи на їхню поширеність, зі збільшенням кількості наддовгих тунелів ці конвенційні методи виявляються недостатньо оперативними для адекватної оцінки стану гірського масиву в режимі реального часу. Швидке та точне вимірювання структурних характеристик масиву безпосередньо у вибої є складним завданням, що часто призводить до запізненого реагування на зміну гірничо-геологічних умов під час екскавації.

Мета дослідження. Вирішення зазначеної проблеми полягає у розробці комплексної системи прогнозування, яка здатна нівелювати недоліки традиційних підходів. Метою даного дослідження є інтеграція попереднього математичного моделювання ризиків з інструментами оперативного моніторингу на основі алгоритмів машинного навчання. Такий керований даними підхід дозволить об'єктивно прогнозувати якість навколишнього гірського масиву в динаміці та своєчасно коригувати параметри проходки й кріплення тунелю, ефективно запобігаючи виникненню надзвичайних ситуацій.

Для попередньої оцінки ймовірності руйнування контуру тунелю доцільно використовувати статистичне імітаційне моделювання, зокрема метод Монте-Карло. Цей підхід дозволяє будувати логіко-математичні моделі, в яких детерміновані значення фізико-механічних властивостей гірського масиву замінюються випадковими величинами із відомими законами розподілу, що дає змогу оцінити реальну надійність споруди. Моделювання дозволяє встановити, що ймовірність руйнування контуру виробки стрімко зростає при збільшенні глибини залягання тунелю. Важливим фактором також є зміна вологості оточуючого масиву, збільшення якої здатне додатково підвищити ймовірність руйнування до 35–47 % у слабких породах [3].

Для аналізу складного взаємовпливу існуючих та нових підземних споруд (наприклад, глибоких котлованів поруч із діючими тунелями) ефективним є застосування 2D скінченно-елементного аналізу за допомогою програмного комплексу Plaxis 2D. Оскільки виїмка ґрунту викликає зняття напружень (розвантаження масиву), що призводить до раптових переміщень, використання базових лінійно-пружних ідеально-пластичних моделей (таких як модель Мора-Кулона) є недостатнім через їхню схильність недооцінювати деформації. Застосування прогресивних моделей ґрунту, зокрема

Hardening Soil with Small Strain Stiffness (HSS), яка враховує зміну жорсткості масиву при дуже малих деформаціях, дозволяє найбільш точно прогнозувати критичні осідання земної поверхні або підняття зворотного склепіння тунелю внаслідок розвантаження [4].

Руйнування гірської породи в умовах складного істинного тривісного напруженого стану є явищем нестабільності, що керується енергією. З механічної точки зору, процес деформації та руйнування породи розглядається як прогресуючий перехід від локальних пошкоджень до повного руйнування, що на кожному етапі супроводжується введенням, накопиченням та розсіюванням енергії. Під час експлуатації тунелів порода зазнає постійного циклічного навантаження та розвантаження, внаслідок чого енергія витрачається на розкриття нових та поширення існуючих мікротріщин. Коли напруження досягає пікової міцності породи, відбувається раптове і стрімке вивільнення накопиченої пружної енергії деформації, що супроводжується різким стрибком акустичної емісії та миттєвою втратою несучої здатності масиву. Таким чином, застосування законів термодинаміки та критерію лінійного накопичення енергії дозволяє математично обґрунтувати та прогнозувати критичний момент переходу масиву від стадії накопичення прихованих мікропошкоджень до раптового макроруйнування [5, 6].

ЛІТЕРАТУРА

1. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Kovalchuk, V., Rogulia, A., Yemelyanenko, S. (2022). Geophysical research in the pre-Carpathian hydrosphere situation for the environmental civil protection purposes. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 44(4). 171–182. DOI: 10.24028/gj.v44i4.264847.
2. Shainoha, I., Karabyn, V. (2021). Peculiarities of Stratigraphic Distribution and Paleoecology of Jurassic Bivalve Mollusks of the Pre-Carpathian Foredeep. *Journ. Geol. Geograph. Geology*. 30(4). 718–728. DOI: 10.15421/112166.
3. Vladko, O., Kononenko, M., Khomenko, O. (2012). Imitating modeling stability of mine workings. London: Taylor & Francis Group. 147–150. DOI: 10.1201/b13157-26.
4. Ibrahim, A. K. M., Senoon, A. A., Kenawi, M. A. et al. (2022). Integrated Assessment for the Deformation of Ground Surface and Tunnel Invert Induced Deep Excavation. *Engineering Letters*. 30(4). 4–49.
5. Zhang, Q., Meng, X., Zhao, G. (2024). Energy Evolution and Fractal Characteristics of Sandstones Under True Triaxial Cyclic Loading and Unloading. *Fractal and Fractional*. 8(12). 714. DOI: 10.3390/fractalfract8120714.
6. Starodub, Y., Karpenko, V., Karabyn, V., Shuryhin, V. (2020). Mathematical Modeling of the Earth Heat Processes for the Purposes of Eco-technology and Civil Safety. *Proc. IEEE CSIT 2020. Zbarazh-Lviv, Ukraine*. 146–149.