



КІБЕР
ПОЛІЦІЯ
НАЦІОНАЛЬНА ПОЛІЦІЯ
УКРАЇНИ



EMBROX
SOLUTIONS



LVIV IT
CLUSTER

softserve



UKRAINIAN
RUST
COMMUNITY



ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської
науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

м. Львів

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ПРИВАТНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ІТ СТЕП УНІВЕРСИТЕТ»

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

Львів – 2025

ББК 32.81+78.362

Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, 499 с.

РЕДКОЛЕГІЯ:

Василь ПОПОВИЧ – доктор технічних наук., професор, проректор з наукової роботи, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Олександр ПРИДАТКО – кандидат технічних наук, доцент, проректор з навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Роман ЯКОВЧУК – доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Ольга МЕНЬШИКОВА – кандидат фізико-математичних наук, доцент, заступник начальника навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

БУРАК Назарій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ІВАНУСА Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

НАЗАР Юлія Сергіївна – доктор філософії, заступник начальника кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ХЛЕВНОЙ Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

СМОТР Ольга Олексіївна – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

БОРЗОВ Юрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ГОЛОВАТИЙ Роман Русланович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ПИЛИПЕНКО Володимир Миколайович – старший викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА Наталія Володимирівна – викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

РАЙТА Діана Анатоліївна – старший викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ДОВБНЯК Віра Йосипівна – викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

ПОЛОТАЙ Орест Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

БАЛАЦЬКА Валерія Сергіївна – викладач кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ТКАЧУК Ростислав Львович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри управління інформаційною безпекою, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

За точність наведених фактів, самостійність наукового аналізу та нормативність стилістики викладу, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.

УДК 624.19:624.04:355.58

**МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ТУНЕЛІВ
ДЛЯ ЗАВДАНЬ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ****Ігор КОРДІЯКА, Оксана КАРАБИН, Василь КАРАБИН***Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Тунельна інфраструктура є ключовим елементом цивільного захисту, особливо під час військових дій. У зв'язку із високими загрозами вибухів і пожеж, стає важливою оцінка стійкості цієї інфраструктури. Для цієї оцінки можна застосувати метод скінченних елементів і чисельне моделювання вибухової динаміки, що допомагає оцінити напруження та ризики структурних пошкоджень. Моделювання також підтримує прийняття рішень і планування заходів цивільного захисту, а також підвищує ефективність навчань і оперативних процедур.

Ключові слова: *цивільний захист, надзвичайні ситуації, тунель, воєнні загрози, геологічні загрози*

Tunnel infrastructure is a critical component of civil protection, particularly during military operations. It is important to assess its resilience due to the threat of explosions and fires. The finite element method and numerical modeling of explosion dynamics are used to assess stresses and risks of structural damage. Modeling also supports the decision-making process and the planning of civil protection measures. It also improves the effectiveness of training and operational procedures.

Keywords: *civil protection, emergencies, tunnels, military threats, geological threats*

Тунельна інфраструктура набуває критичного значення як стратегічний елемент цивільного захисту, виконуючи функцію захищеної комунікації в умовах повномасштабної військової агресії. Тому всебічна оцінка стійкості тунельної інфраструктури є ключовим завданням для забезпечення безпеки населення. Актуальність оцінки стійкості підземних споруд багатократно зростає через загрозу динамічних навантажень, спричинених обстрілами та вибухами. Крім безпосереднього структурного пошкодження від вибуху, необхідно враховувати, що помірні вибухові навантаження можуть спричинити значне пошкодження вторинних елементів, наприклад, обвал підвісних стель. Це може призвести до блокування шляхів евакуації та виведення з ладу життєво важливих систем. Іншою критичною загрозою, що посилюється військовими діями, є термічні навантаження від пожеж.

Історично, проектування та будівництво тунелів значною мірою ґрунтувалися на інженерному досвіді. Сьогодні, однак, цей досвід доповнюється високоточним обчислювальним аналізом. Чисельні методи, зокрема метод скінченних елементів (МСЕ) став галузевим стандартом для розрахунку напружень та переміщень у тунелях. Цей метод забезпечує високу точність і гнучкість у моделюванні складних геомеханічних процесів. МСЕ використовується для визначення оптимальної підтримки, здатної забезпечити стійкість системи "тунель-скельний масив", а також для оцінки структурного опору елементів кріплення [1].

Для забезпечення стійкості тунелів перед загрозами пов'язаними із динамічними навантаженнями, зокрема ракетними ударами, терористичними актами, геологічними процесами [2-4], необхідне застосування комплексних методів динамічного аналізу.

Аналіз динамічної відповіді тунелів цивільного захисту під час вибухової вібрації вимагає поєднання польового моніторингу та чисельного моделювання. Удосконалене моделювання, часто виконане за допомогою таких пакетів, як ABAQUS/Explicit, дозволяє створити єдину чисельну модель, що охоплює послідовність подій: вибух, поширення ударної хвилі через ґрунт, взаємодію ґрунту з облицюванням тунелю та його структурну відповідь.

Модель повинна адекватно описувати складну поведінку матеріалів, включаючи використання еластопластичної моделі Друкера-Прагера для ґрунту та моделі пошкодженої пластичності бетону. Аналіз динамічної відповіді, викликаної вибуховими ударними хвилями, демонструє швидке вивільнення тиску вибуху. Після досягнення максимуму, напруження спадає до стабільного рівня. Однак, напруження спочатку зменшується, а потім зростає до стабільного значення завдяки суперпозиції вибухових напружень.

Ключові динамічні характеристики, що аналізуються, включають швидкість вібрації частинок (PPV), переміщення, головні напруження та основну частоту. Частота вібрації тунелю при вибуху зазвичай розподілена в діапазоні Гц. Особлива увага приділяється напруженням. Аналіз показує, що ефективне напруження спочатку зростає, а потім зменшується вздовж осі тунелю. Напруження, що виникає поблизу джерела вибуху, є найбільшим, і його відносне зменшення також значне. Крім того, пікова швидкість частинок (PPV) є критичною метрикою, і вона послідовно зменшується зі збільшенням відстані від центру вибуху. Для оперативного прийняття рішень у сфері цивільного захисту вкрай важливо мати чіткий критерій безпеки, що базується на фізичних властивостях матеріалів. Чисельне моделювання дозволяє встановити цей критерій, аналізуючи стабільність тунелю під дією вибухової вібрації [1, 5].

Важливим елементом моделювання є оцінка стійкості ґрунту навколо облицювання. Це необхідно для розуміння, чи не виникне додаткове статичне навантаження на тунель через обвал ґрунтового масиву. Вимоги до моделювання також повинні враховувати вторинні, неструктурні елементи. Наприклад, аналіз сценаріїв вибуху показує, що помірні вибухові навантаження можуть спричинити значні пошкодження підвісних елементів, аж до їхнього обвалу. В умовах надзвичайної ситуації обвал таких елементів може заблокувати шляхи евакуації та пошкодити життєво важливі системи (вентиляцію, освітлення), перетворюючи незначне структурне пошкодження на серйозну загрозу безпеці людей [5]. Таким чином, для забезпечення цивільного захисту моделювання вразливості має охоплювати і ці допоміжні системи.

Моделювання також відіграє вирішальну роль у управлінні ризиками, пов'язаними з реконструкцією та розширенням існуючих тунелів, осо-

бливо коли застосовуються вибухові роботи. Аналіз дозволяє визначити параметри вибуху, що мінімізують динамічний вплив на існуючі структури, контролюючи швидкість вібрації та еволюцію напружень навколо гірничої виробки. Кінцевим кроком у забезпеченні стійкості є перетворення технічних висновків моделювання на практичні організаційні та оперативні процедури. Цей зв'язок між інженерним аналізом і цивільним захистом є циклічним: інженерне моделювання створює кількісні критерії безпеки. Слабкість у будь-якій частині цього циклу, наприклад, нездатність оновити протоколи після отримання нових даних моделювання, нівелює всі технічні переваги. Тому фінальний звіт має містити список рішень та наступних кроків для оператора та служб надзвичайних ситуацій, спрямованих на перегляд та оновлення операційних або реагувальних процедур.

Майбутні програми цивільного захисту вимагають, щоб безпекові навчання проводилися часто, були повномасштабними, із залученням громадськості та вищих посадових осіб. Моделювання катастрофічних сценаріїв є не лише інструментом проектування, але й критичною основою для планування цих навчань та тренування персоналу реагування.

Таким чином, моделювання стійкості тунелів є незамінним елементом стратегії цивільного захисту, що дозволяє перетворити абстрактні загрози на кількісні інженерні критерії. Застосування МСЕ та розширених динамічних і термічних конститутивних моделей дозволяє інженерам не лише оцінювати стан існуючої інфраструктури, але й проектувати нові споруди з підвищеною стійкістю до воєнних та геологічних загроз.

Література

1. Li, Y., Wang, Z., Luo, Q., & Wu, T. (2024). Stability analysis of civil air defense tunnel under blasting vibration. *Journal of Vibroengineering*, 26(4), 892-903.
2. Starodub Y., Karpenko V., Karabyn V., Shuryhin V. *Mathematical Modeling of the Earth Heat Processes for the Purposes of Eco-technology and Civil Safety. Proc. IEEE CSIT 2020, 23-26 September, 2020, Zbarazh-Lviv, Ukraine: 146-149.*
3. Карабин, В. В., & Кордіяка, І. М. (2025). Класифікація надзвичайних ситуацій природного характеру геологічної генези. *Наука і оборона*, (2), 27-30. DOI 10.33099/2618-1614-2025-29-2-27-30
4. 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. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264847>
5. Khan, A., Yong, F., Yifan, J., & Hajivand Dastgerdi, R. (2025). Damage Analysis of a Tunnel Under Rigid and Deformable Impactors. *Geotechnical and Geological Engineering*, 43(1), 9.