

## ПЕРСПЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ СПОРУД ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Ган А. Л., к.т.н., доц. (каф. ГІ НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського,  
Н-ДЛПСБТВ ІГМ НАН України);*

*Ган О. В., к.т.н., ст. викл. (каф. ГІ НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського);*

*Сергієнко М. І., ст. викл. (каф. ГІ НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського);*

*Іванюк В. В., студ. (гр. ОС-11, НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського);*

*Ніколайчук А. О., студ. (гр. ОС-11, НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

**Анотація.** Розглянуто перспективні конструктивні рішення застосування існуючих тунелів метро в якості споруд подвійного призначення та інноваційні рішення їхньої реконструкції в умовах діючого метрополітену, які здатні витримувати як статичні, так і динамічні (вибухові) навантаження та відповідати сучасним вимогам щодо споруд подвійного призначення.

**Ключові слова:** цивільний захист, споруди подвійного призначення, укриття, критична інфраструктура, містобудівне планування, реконструкція.

**Abstract.** Prospective constructive solutions for the use of existing metro tunnels as dual-purpose structures and innovative solutions for their reconstruction in the conditions of an operating subway, which are able to withstand both static and dynamic (explosive) loads and meet modern requirements for dual-purpose structures, are considered.

**Keywords:** civil defense, dual purpose buildings, shelter, critical infrastructure, urban planning, reconstruction.

**Вступ.** На даний час в Україні, в умовах воєнного стану, гостро постало питання захисту цивільного населення та критичної інфраструктури від ударів з повітря, та у зв'язку з цим, виникла потреба у широкому освоєнні міського підземного простору з метою створення нових та використання існуючих підземних споруд як об'єктів захисту (споруд подвійного призначення) та впровадження інноваційних рішень у практику будівництва та реконструкції таких об'єктів [1-3].

**Аналіз стану питання.** Основними прогресивними напрямками споруд подвійного призначення є:

- підземні переходи;
- тунелі;
- підземні склади;
- споруди котловинного типу (автостоянки, паркінги, гаражі, підземні торговельні центри, підприємства громадського харчування, магазини);
- підвальні, цокольні і перші поверхи об'єктів цивільного і промислового призначення;
- незадимлювані сходові клітки типу Н4 згідно з ДБН В.1.1-7.

Сховища, споруди подвійного призначення із захисними властивостями сховищ, проектують з урахуванням забезпечення захисту населення від

наступних небезпечних чинників надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період:

– від дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження та побічної дії сучасної зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском для:

1) сховищ  $P = 100$  кПа ( $1 \text{ кгс/см}^2$ );

2) сховищ у межах проектної забудови атомних електростанцій  $P = 200$  кПа ( $2 \text{ кгс/см}^2$ );

3) сховищ, розміщених у підземних будівлях метрополітенів ліній глибокого закладання  $P = 300$  кПа ( $3 \text{ кгс/см}^2$ ) та ліній мілкового закладання  $P = 100$  кПа ( $1 \text{ кгс/см}^2$ );

– від місцевої та загальної дії звичайних засобів ураження (стрілецької зброї, уламків ручних гранат, артилерійських боєприпасів та авіаційних бомб);

– від дії небезпечних хімічних речовин, радіоактивних речовин, (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого хімічного та радіаційного забруднення) бойових отруйних речовин, небезпечних біологічних речовин та бактеріальних засобів ураження;

– бактеріальних (біологічних) засобів, бойових отруйних речовин (на особливий період);

– від зовнішнього іонізуючого випромінювання – зі ступенем послаблення зовнішнього іонізуючого випромінювання;

– катастрофічного затоплення (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого катастрофічного затоплення;

– високих температур та продуктів горіння при пожежах.

**Мета роботи.** Обґрунтувати конструктивні та технологічні рішення існуючих тунелів метрополітенів в якості споруд подвійного призначення.

**Методики дослідження.** Аналіз існуючих конструкцій тунелів метро, їхнього технічного стану та можливість застосування в наслідок реконструкції як укриття цивільного захисту.

**Матеріали і результати досліджень.** Внаслідок розвитку підземної інфраструктури ліній метрополітену, основних гілок комунікаційних колекторів, транспортних тунелів тощо, виникають випадки, коли зникає необхідність в подальшій експлуатації та використанні окремих частин або цілих розгалужень тунелів. Такі недіючі тунелі відгороджуються, зачиняються та консервуються на невизначений час. В умовах сьогодення, коли виникла гостра необхідність захисту населення від російської агресії, доцільно згадати про існування таких підземних споруд та на основі визначеного технічного стану провести необхідні заходи щодо реконструкції з урахуванням вимог та потреб цивільного захисту. Тому перспективним напрямком використання метрополітену як сховища цивільної оборони є реконструкція та облаштування не задіяних у транспортних та допоміжних операціях тунелів, які можуть значно збільшити місткість таких сховищ та покращити умови перебування людей, приклад якого наведено на рис. 1.

Стеля, стіни, перегородки приміщень цивільного захисту складаються з сандвіч панелей 100 мм, вхід в коридор та приміщення забезпечується через протипожежні двері. Підлога опирається на опори і складається: з алюмінієвого рифленого настилу завтовшки 3 мм; під ним знаходиться шумоізолююча підкладка під алюміній завтовшки 5 мм; далі металопрофіль ТП-35; плівка пароізоляційна Strotex PI N-110; мінеральна вата вогнестійка – 100 мм; Z-профіль 1,5мм оцинкований (32x100x32) – 100 мм; оцинкований лист – 0,5 мм; швелер №12 та двотавр №18.

Система приміщень, розташованих в тунелях метрополітену з урахуванням потреб цивільного захисту, може функціонувати автономно, включає в себе всі необхідні інженерні системи та містить: венткамеру, електрощитову, кімнату відпочинку, санвузол, насосну, кухню тощо.

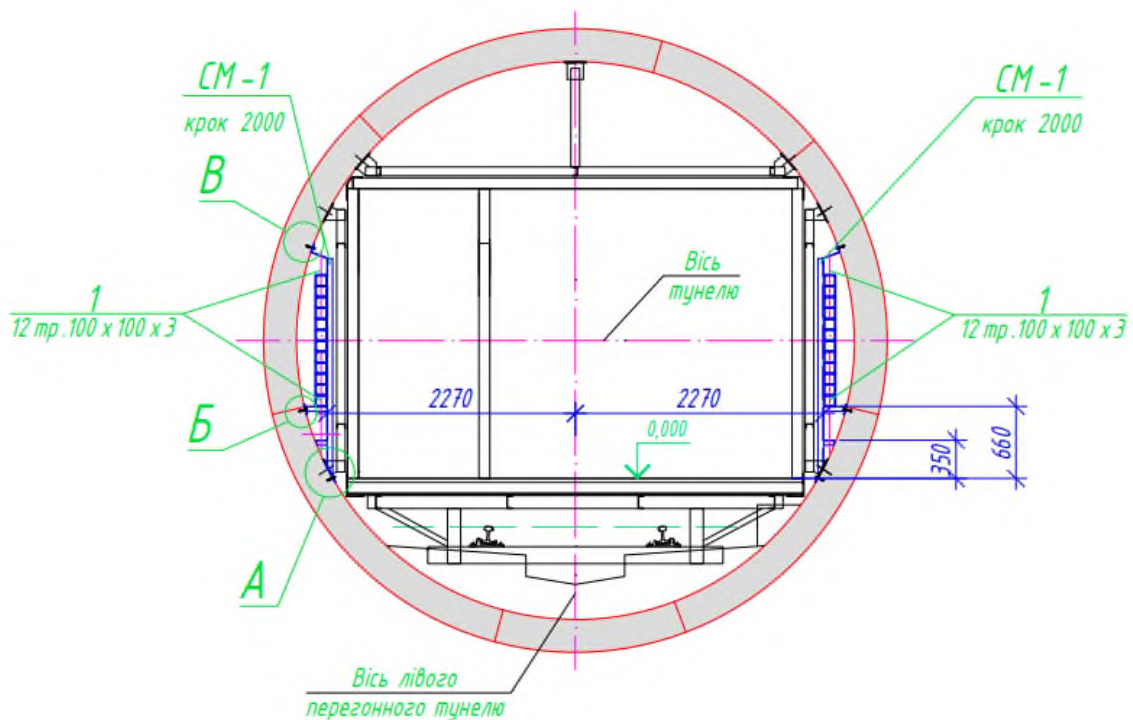


Рис. 1. Схема облаштування тунелю метрополітену з урахуванням потреб цивільного захисту

Система приміщень, розташованих в тунелях метрополітену з урахуванням потреб цивільного захисту, може функціонувати автономно і включати в себе всі необхідні інженерні системи та містить: вентиляційну камеру, електрощитову, кімнати відпочинку, санвузли, насосну, кухню тощо.

Таким чином утворюється сховище цивільного захисту, здатне розмістити на тривалий час у відносно комфортних умовах декілька сотень людей, надійно захищаючи їх (завдяки значній глибині закладання тунелів та використанню ефективних конструкцій оправ) від будь-якої комбінації повітряних ударів конвенційної зброї. Водночас, особливу увагу необхідно приділити організації робіт з транспортування та розвантаження габаритних вантажів в умовах діючого метрополітену, приклад якого наведено на рис. 2.

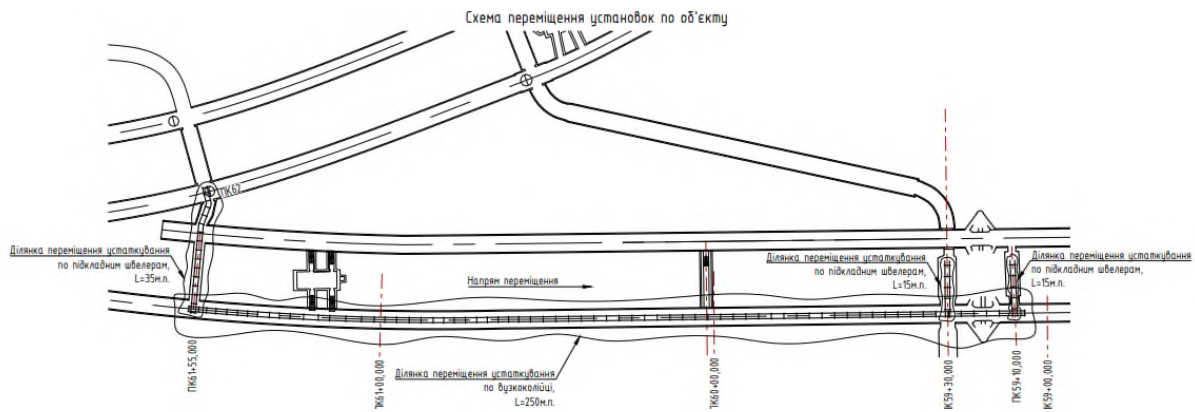


Рис. 2. Схема переміщення вантажу по тунелю

При виконанні робіт з реконструкції тунелів виникне потреба в доставці та розвантаженні габаритного (вагою 1,2 – 4 т.) обладнання (трансформатори, вентилятори, чіллери, тощо). Зважаючи на стиснені умови праці, варіанти по розвантаженню вище наведених вантажів дуже обмежені. Розглянемо можливий порядок виконання робіт:

- спочатку виконати монтаж підвісного кріплення: закріпити через отвори для болтового кріплення чавунних тубінгів дві монтажні скоби на двох суміжних кільцях; перед кріпленням скоб через них протягнути розподільчий ланцюг та підвісити ручну таль вантажопідйомністю не менше 5 тон;

- потім виконати стропування вантажу: при доставці вантаж стропується на площадці мотовозу;

- піднімання вантажу на мотовозі здійснюється за допомогою ручної талі: попередньо вантаж піднімається на мінімальну висоту (2 – 5 см) щоб впевнитись про відсутність деформацій, потім піднімається на 30 см. та мотовоз від'їжджає;

- опустити вантаж на тимчасову опорну раму: попередньо під вантажем здійснюється монтаж тимчасової опорної рами з дерев'яних підкладок або піддонів та паралельно змонтованих швелерів; потім, за допомогою драбини, ручною таллю опускається вантаж на змонтовану тимчасову раму.

- на останньому етапі, виконати доставку: на рамі вантаж стропується текстильними стропами та за допомогою лебідки переміщається до місця призначення.

**Висновки.** Запропоновані конструктивні рішення споруди подвійного призначення на основі недіючого тунелю метрополітену є актуальним та перспективним напрямком швидкого та економічного забезпечення цивільного населення укриттями від ударів з повітря.

## Література

1. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. (2023). Захисні споруди цивільного захисту (ДБН В.2.2-5:2023), 123 с.

2. Кравець, В. Г., Гайко, Г. І., Ган, А. Л., Ган, О. В., & Шайдецька, Л. В. (2023). Геоінженерія мегаполіса: підземна урбаністика. КПІ ім. Ігоря Сікорського «Політехніка», 660 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65405>.

3. Бойко, В. В., Войтенко, Ю. І., Ган, А. Л., Хлевнюк, Т. В., Загоруйко, Є. А., & Ган, О. В. (2024). Оцінка сейсмостійкості об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням їх власної гармоніки у вибуховому спектрі цивільного і воєнного характерів. Технічна інженерія, (1(93)), 308–315. [https://doi.org/10.26642/ten-2024-1\(93\)-308-315](https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-308-315).