

УДК 624.1

Вапнічна В.В., к.т.н., доц., Кучер С.А., магістр, Пикало В.М., студ.  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ КРІПЛЕННЯ КОТЛОВАНУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЯКІСНО- ЕКОНОМІЧНИХ КРИТЕРІЇВ**

Будівництво підземних споруд в умовах щільної міської забудови повинно враховувати наявність будівель і споруд, підземних комунікацій, доріг чи об'єктів благоустрою, що можуть бути розташовані поряд з об'єктом будівництва. Проектування та вибір конструкції проводять не тільки з дотриманням вимог будівельних норм і правил надійності споруджуваних об'єктів, але й з урахуванням мінімізації впливу на існуючі будівлі і геологічне середовище.

Будівництво підземних об'єктів відкритим способом потребує спорудження котлованів глибиною від 10 м і більше. При влаштуванні котлованів значної глибини в складних-інженерно геологічних та щільних міських умовах, необхідною умовою є використання кріплення котловану, яке б забезпечувало найменший вплив на оточуюче середовище. Тому обґрунтування вибору кріплення котловану є досить актуальною темою на сьогоднішній день.

В процесі аналізу технологічних рішень будівництва підземних споруд, що застосовуються в умовах щільної міської забудови, прийняті наступні критерії, які дозволяють вибрати способи кріплення забезпечуючи мінімізацію впливу на існуючі будівлі та споруди з дотриманням виконання умов охорони навколишнього середовища під час проведення робіт згідно з ДБН А.2.2-1-2003 [1]. В процесі аналізу безпеки використання різних типів кріплення було розглянуто роботи А. М. Югова, Н. С. Новикова, в яких детально описується вплив технологічних процесів та проведений аналіз критеріїв оцінки технологічних рішень кріплення котловану [2]: **С1** - ступінь зменшення впливу технологічних процесів на деформації ґрунту (властивість визначає рівень впливу деформації ґрунтового масиву в період будівництва на існуючі будівлі і споруди). Деформації з'являються внаслідок дії сил тертя ґрунту або його тиску. Величина їх залежить від виду і стану ґрунту, вертикального навантаження на поверхню, переміщень конструкції, а також показників шороховатості їх зовнішньої поверхні, відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1- 42:2016 Настанова щодо проектування будівель і споруд на підробляючих територіях [3]. **С2** - показник шуму (критерій, який визначає рівень шуму звуку, викликаного виконанням робіт). Допустима величина шуму в період 8-годинного робочого дня з урахуванням захисту слухового апарату людини знаходяться на рівні 85 дБ. **С3** - показник коливань, що визначає появу вібраційних процесів викликаних

механічною енергією при влаштуванні конструкції, переданої на існуючі будівлі та людей. **C4** - показник якості виконання робіт (передбачає ступінь точності виконання будівельних робіт). Оцінюється на основі якості виконаних робіт шляхом оцінки ступеня відповідності реальних показників виробництва проектним характеристикам, закладеним у проекті і технічних умовах на приймання виконаних робіт. **C5** - економічна ефективність конструктивно-технологічних рішень (показник, що забезпечує зведення раціонального варіанту підземної споруди під час найменших ризиках капіталовкладень). Економічна ефективність визначається з урахуванням складових компонентів фінансових витрат (оплата праці робітників, вартість матеріалів, вартість машино-годин), а також трудомісткості і тривалості будівельних робіт. Проведена оцінка наведених технологічних рішень таких типів конструкцій як, шпунтове кріплення (1), монолітна «стіна в ґрунті» (2) та застосування пальових буронабивних огорож (3). Оцінка по заданим категоріям виконувалася від 1 до 5, де показник 1 - це найменш придатне рішення, а 5 - це рішення найбільш ефективне для використання (див. табл. 1 - 6).

Таблиця 1.

За критерієм C1 - рівень зменшення впливу технологічних процесів на деформації ґрунту

№	Тип кріплення	Оцінка	Обґрунтування оцінки
1	Шпунтове кріплення	3	Можливість утворення деформацій
3	Монолітна «стіна в ґрунті»	5	Відносно низький прояв деформації ґрунтового масиву
4	Кріплення за допомогою буронабивних паль	4	Можливість утворення деформацій

Шум великої інтенсивності є шкідливим для здоров'я. Його дія негативно впливає на весь організм, що може призвести до втрати слуху, та інших порушень. Ефект впливу шуму на слуховий орган є пропорційним до величини утвореної акустичної енергії, яка залежить від квадрата акустичного тиску і ефективного часу впливу.

Таблиця 2.

За критерієм C2 – показник визначеного рівню шуму

№	Тип кріплення	Оцінка	Обґрунтування оцінки
1	Шпунтове кріплення	1	При зануренні сталевих елементів, сила шуму понад 85 дБ
2	Монолітна «стіна в ґрунті»	3	Шум знаходиться в межах 60 дБ
3	Кріплення за допомогою буронабивних паль	2	При зануренні сталевих елементів, сила шуму в межах 85 дБ

Допустимі величини шуму в період 8 годинного робочого дня з урахуванням захисту слуху знаходяться на рівні 85 дБ. Допустимі рівні шуму в центрі міст в даний період часу не повинні перевищувати 60 дБ (в ночі до 50 дБ)

згідно ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [4].

Таблиця 3.

За критерієм С3 - показник коливань, що визначає появу вібраційних процесів

№	Тип кріплення	Оцінка	Обґрунтування оцінки
1	Шпунтове кріплення	1	Коливання, викликані забиванням сталевих елементів, можуть викликати загрозу для існуючих будівель і споруд, а також для здоров'я їх мешканців
2	Монолітна «стіна в ґрунті»	5	Технологія влаштування даного типу кріплення не створює надмірних коливань та не являють великої небезпеки
3	Кріплення за допомогою буронабивних паль	4	Влаштування даного типу кріплення зумовлене, допустимим рівнем коливань

Для зменшення шуму і динамічних навантажень при проведенні будівельних робіт (занурення паль, руйнування та зрізування оголовок паль, робота вібраторів для ущільнення бетону, механічне руйнування будівельних конструкцій, ущільнення та трамбування ґрунтів, робота компресорів та інших механізмів) слід віддавати перевагу технологіям з меншим рівнем шуму і коливань (використання електроприводів у будівельних машинах, застосування вдавлювальних агрегатів замість динамічних молотів при зануренні паль тощо) [4].

Таблиця 4.

За критерієм С4 - показник якості виконання робіт

№	Тип кріплення	Оцінка	Обґрунтування оцінки
1	Шпунтове кріплення	2	Можливість виникнення деформацій металевих елементів знижує показник якості виконання робіт
2	Монолітна «стіна в ґрунті»	4	При застосуванні даної технології можливе утворення суцільно не забетонованих ділянок залізобетонної стіни та утворення внутрішніх порожнин, що тягне за собою порушення водонепроникності та знижує якість будівництва
	Кріплення за допомогою буронабивних паль	3	Можлива вірогідність відхилення від проектного закладання, як наслідок зниження якості робіт

Економічна ефективність визначається з урахуванням відносних складових компонентів фінансових витрат оплати праці робітників, вартості матеріалів, а також трудовитрат і тривалості будівельних робіт.

Таблиця 5.

За критерієм С5- економічна ефективність конструктивно - технологічних рішень

№	Тип кріплення	Оцінка	Обґрунтування оцінки
1	Шпунтове кріплення	5	найбільш ефективне за всіма витратами
2	Монолітна «стіна в ґрунті»	4	найбільш ефективні з оплати праці робітників, трудомісткості, тривалості робіт
3	Кріплення за допомогою буронабивних паль	4	найбільш ефективні з оплати праці робітників, трудомісткості, тривалості робіт

Таблиця 6.

Підсумки результатів за даними категоріями

№	Тип кріплення	C1	C2	C3	C4	C5	Середнє значення
1	Шпунтове кріплення	3	1	1	2	5	2,4
2	Монолітна «стіна в ґрунті»	5	3	5	4	4	4,2
3	Кріплення за допомогою буронабивних паль	4	2	4	3	4	3,4

Різноманіття типу кріплення котлованів при влаштуванні підземних споруд мілкового закладання надає можливість обрати оптимальний варіант кріплення.

Данні результати є досить відносними тому, що не враховують багато інших факторів впливу на показники ефективності та безпечності застосування підземного простору. Але з даних результатів видно, що монолітна конструкція «стіна в ґрунті» є досить продуктивним типом закріплення котловану ґрунтового масиву відкритим способом.

Розглянемо будівництво станції мілкового закладання, яка будується відкритим способом. Обираємо тип кріплення котловану по найбільш економічно вигідному типу кріплення. Загальні параметри огорожуючого кріплення наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

## Загальні параметри огорожуючого кріплення

Показники	Одиниці виміру	Кількість
Загальна довжина стін котловану, які необхідно закріпити	м	358
Глибина котловану	м	16,5
Кількість робочих днів відведених на спорудження стін котловану		45
Кількість змін за добу		2
Тривалість зміни	годин	8

За спорудження кріплення котловану відповідно до допустимих граничних деформацій було прийнято два типи підтримуючих споруд:

- 1) монолітна «стіна в ґрунті»;
- 2) буронабивних паль з обсадними трубами.

Ці два способи характеризуються рядом техніко-економічних показників, основними з яких є капітальні витрати на спорудження кріплень котловану.

Величина економічного ефекту від впровадження найкращого з варіантів по порівнянню з базовим, розраховується як різниця питомих приведених витрат згідно кошторису в додатку А [5].

$$E_{\text{пр1}} = 45127106 \text{ грн}, \quad E_{\text{пр2}} = 62412382 \text{ грн}$$

$$E_{\text{ефкт}} = \frac{(E_{\text{пр2}} - E_{\text{пр1}})}{E_{\text{пр2}}} \cdot 100\% = \frac{(62412382 - 45127106)}{62412382} \cdot 100\% = 27,69\%$$

$E_{\text{пр2}}$  та  $E_{\text{пр1}}$  – питомі проведені витрати відповідного до обраного типу кріплення.

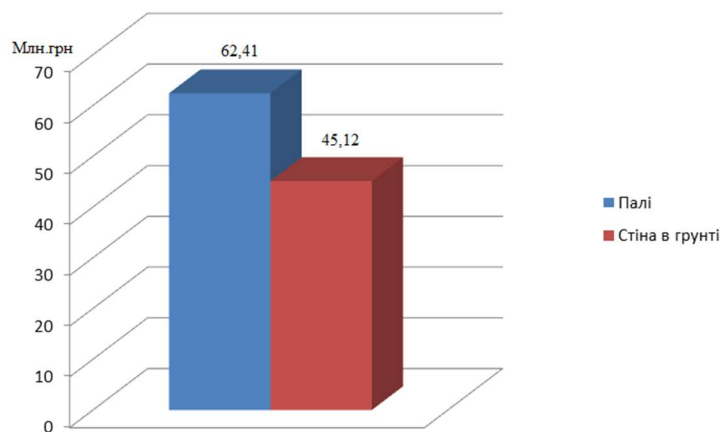


Рисунок 1 – Витрати на влаштування кріплення котловану: 2 варіанти

З рис. 1 видно що більш економічним типом кріплення котловану в даних умовах можна вважати монолітну «стіну в ґрунті».

В процесі даного об'єктивного аналізу була встановлена середня оцінка даних типів кріплення, за результатами якої найбільш доцільним можливо вважати монолітну «стіну в ґрунті», яка становить 4,2 з 5 можливих.

За результатами проведеного економічного порівняння кошторисних витрат на влаштування кріплення котловану за двома обраними типами кріплення, на 28 % (1785,276 тис. грн.) економічно доцільніше застосування монолітної «стіни в ґрунті» в порівнянні з буродотичними палями. Тобто, можна зробити висновок, що даний тип кріплення є найбільш раціональним для застосування в даних умовах будівництва.

#### БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН А.2.2–1–2003. Склад і зміст матеріалів ОВНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Введ. 01.0.2004. М.: Видавництво стандартів, 2004, – 22 с.
2. Югов А.М. Безопасные решения укрепления ограждения котлована А.М. Югов, Н.С. Новиков. - Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. 2015. – № 6. – С. 25–30.
3. ДСТУ–Н Б В.1.1–42:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на підроблюваних територіях.; Введ. 01.04.2017. М.: Видавництво стандартів, 2017, – 39 с.
4. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.; Введ. 01.12.1999. М.: Видавництво стандартів, 1999, – 25 с.
5. Кучер С.А. Обґрунтування підтримуючої конструкції кріплення котловану при будівництві станції метрополітену : дис. ... магістранта : 184 Гірництво / Кучер Сергій Анатолійович. – Київ, 2018. – 137 с.