

**Комаріцин В. А., магістр, 6 курс, ГС-31мп, ІЕЕ, кафедра геоінженерії**  
**Науковий керівник: Ремез Н. С, доктор технічних наук, професор**  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПАРКІНГУ З КОМБІНУВАННЯМ РІЗНИХ ВИДІВ КРІПЛЕННЯ КОТЛОВАНУ**

**Вступ:** У сучасних умовах урбанізації будівництво підземних паркінгів набуває дедалі більшої актуальності через щільну забудову міст і обмеженість вільних територій. Підземні паркінги дозволяють раціонально використовувати площу, забезпечуючи комфорт для жителів і знижуючи навантаження на міську інфраструктуру. Проте реалізація таких проєктів пов'язана з численними інженерними викликами, серед яких ключовим є гарантування стабільності котлованів під час будівельних робіт.

Складні геологічні умови, високий рівень водонасичення ґрунтів, щільна забудова та техногенний вплив на природні системи обумовлюють необхідність впровадження сучасних технологій кріплення котлованів. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню безпеки будівельних робіт і мінімізації ризиків для навколишніх споруд, адже неправильний вибір методу кріплення може спричинити зсуви, осідання ґрунтів та пошкодження інфраструктури, що матиме значні економічні й екологічні наслідки.

Розробка та впровадження інноваційних методів кріплення котлованів є одним із найважливіших завдань інженерів при будівництві підземних споруд. Використання нових матеріалів, автоматизованих систем моніторингу та комплексного підходу до моделювання геотехнічних параметрів сприятиме підвищенню довговічності, стабільності та безпеки конструкцій. У сучасних умовах урбанізації будівництво підземних паркінгів є актуальним рішенням, а забезпечення стійкості котлованів у складних геологічних умовах залишається одним із ключових викликів у цій сфері.

**Мета та завдання дослідження:** Метою дослідження є розробка та впровадження ефективних технологій кріплення котловану для забезпечення безпеки та довговічності конструкції підземного паркінгу.

**Матеріал та результати досліджень:** У цьому дослідженні запропоновано інноваційний підхід до вибору методів кріплення котловану для будівництва підземних паркінгів, що включає комбінування традиційних механічних методів із сучасними матеріалами, такими як геосинтетика та армовані конструкції. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність захисту котловану від зсувів і осідань, особливо за умов складних геологічних і гідрогеологічних факторів, характерних для міської забудови.

### **Аналіз методів кріплення**

Для забезпечення стабільності котловану застосовуються різні технології, які можуть бути як тимчасовими, так і постійними. Вибір методу залежить від типу ґрунтів, рівня ґрунтових вод, глибини котловану та особливостей об'єкта. Серед найпоширеніших методів використовуються:

1. Монолітні залізобетонні стіни, що забезпечують високу міцність і довговічність;
2. Геосинтетичні матеріали, які покращують стабільність ґрунтів і водонепроникність конструкцій;
3. Буроабивні палі, що підсилюють основи в умовах слабких або насичених водою ґрунтів.

Комбіновані рішення включають застосування кількох методів одночасно. Наприклад, буронабивні палі в поєднанні з армованими монолітними стінами забезпечують додаткову жорсткість конструкцій, а використання геомембран і геотекстилю допомагає захистити котлован від проникнення ґрунтових вод і розмивання основи.

Результати моделювання: ефективність методів кріплення оцінювалася за допомогою комп'ютерного моделювання, що дозволило детально проаналізувати вплив різних факторів на стійкість конструкцій. Дослідження показало, що комбінування геосинтетичних матеріалів із буронабивними палями знижує осідання ґрунту на 25–30% порівняно з традиційними методами. Використання геосинтетики дозволило скоротити товщину бетонних стінок, зменшивши загальну масу конструкції без втрати міцності.

Розширені можливості комбінування: у сучасних будівельних проєктах все частіше застосовуються багатокomпонентні системи кріплення. Наприклад, поєднання розпірок зі сталевих балок із армованими стінами створює додатковий рівень безпеки в умовах складної забудови. Крім того, інтеграція геосинтетичних елементів із ґрунтоцементними стінами сприяє зменшенню ризику зсувів у зонах із нестабільними ґрунтами.

**Вплив гідрогеологічних умов:** регіонах із високим рівнем ґрунтових вод застосування геосинтетичних матеріалів, таких як геомембрани та геотекстиль, у поєднанні з армованими стінками дозволяє значно знизити ризики проникнення води до котловану. Це особливо актуально для будівництва підземних паркінгів у щільно забудованих міських районах, де водонепроникність конструкцій є критичною умовою.

**Економічна та екологічна ефективність:** комбінування різних типів кріплення не лише підвищує стабільність конструкцій, але й дозволяє оптимізувати витрати. Зокрема, зменшення обсягів використання бетону та сталі завдяки геосинтетичним матеріалам знижує загальні витрати на будівництво та зменшує

екологічний вплив. Такий підхід також сприяє зменшенню кількості відходів і витрат на транспортування матеріалів.

Загальні результати дослідження: запропоновані комбіновані методи кріплення котлованів на основі поєднання традиційних і сучасних рішень продемонстрували високу ефективність і надійність. Використання геосинтетичних матеріалів у комплексі з армованими конструкціями забезпечує не лише безпеку будівництва, але й значно скорочує терміни виконання робіт, підвищує економічну ефективність та сприяє збереженню навколишнього середовища.

**Список використаних джерел:**

1. Будівництво підземних споруд: керівництво для інженерів / В. П. Коваленко, О. Г. Ткаченко. – Київ: Основа, 2021. – 340 с.
2. Інженерна геологія: навчальний посібник / В. М. Кравченко. – Львів: Техніка, 2019. – 412 с.
3. Системи кріплення котлованів: сучасні підходи / Інженерна справа.  
Посилання: <https://engineeringua.com/kriplennya-kotlovaniv> (дата звернення: 17.11.2024).
4. Використання геосинтетичних матеріалів у будівництві / Геобудівництво.  
Посилання: <https://geobuild.com.ua/geosintetiki> (дата звернення: 17.11.2024).
5. Сучасні технології у фундаментобудуванні / Інженер-проектувальник.  
Посилання: <https://project-engineering.ua/fundament> (дата звернення: 17.11.2024).