

УДК 624.191.1

**НОВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ
ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД В
УКРАЇНІ**

**NEW TECHNICAL SOLUTIONS OF RESOURCE SAVING
TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION OF LONG-TERM
CONSTRUCTIONS IN UKRAINE**

**Ільчук Н.І., к.т.н., доц., Шафранська О.З., Парфентьєва І.О.,
к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет)**

**Ichuk N.I. Ph.D., Associate Professor (Lutsk National Technical
University, Lutsk) Shafranska O.Z. (Lutsk National Technical University,
Lutsk),), Parfentieva I. O., Ph.D., Associate Professor (Lutsk National
Technical University)**

В даній роботі обґрунтовані технічні рішення сучасних технологій підземного будівництва споруд різного призначення, забезпечення їх стійкості, міцності, надійності, довговічності та економічності на всіх стадіях життєвого циклу (будівництва, експлуатації, реконструкції) в складних інженерно-геологічних умовах, які потребують вдосконалення діючих технологій і спорядження та розробки нових.

In this paper, grounded technical solutions of modern technologies of underground construction structures for various purposes, to ensure their stability, durability, reliability, durability and efficiency at all stages of the life cycle (construction, operation, reconstruction) in complex geological conditions, the improvement of existing technologies and and development of new equipment. In the work, the theoretical determination of the stability of the walls in the soil, which are widely used in the construction of stations of shallow laying. The methods of wall mounting with the help of anchors and the method of using jet cementation of the weak bases of a number of stations are also grounded.

As a result of the performed analytical and experimental studies, the problem of increasing the stability and long duration of underground structures in various mining-geological conditions was solved. It was

established that the development of a large section, which passes through viscous soils, creates a deformation zone in the form of a prism of a shear and a pressure array.

The performed analytical studies have allowed us to deduce that, depending on the choice of technology, dangerous deformations can be excluded. It was shown that during the propagation into a soil array with heterogeneous reservoir and water-saturated formations of a collective structure of the trunk fixture, the intensity of the lateral pressure in height is nonlinear or piecewise linear, and the maximum compressive stresses and bending moments in the processing section arise within the limits of lower water-saturated and dense dry soils. According to the results of experimental-theoretical studies, the methodology for assessing and ensuring the reliability and durability of bearing reinforced concrete constructions of underground structures was developed for the first time in conditions of aggressive environments that takes into account the physical and chemical patterns of kinetics of concrete and reinforcement corrosion and their influence on the stress-strain state of structures. Also solved the problem of increasing the stability, durability and cost-effectiveness of large underground structures in difficult mining-geological conditions.

The development of underground space in Ukraine is an important direction of the economic policy of the state's development under the new conditions and has an important urban, economic and social significance.

Ключові слова: ресурси, підземні споруди, ґрунти, тунелі
Keywords: resources, underground structures, soils tunnels

В наш час збільшення обсягів підземного будівництва метро політенів у великих містах і тунелів різного призначення, особливо в складних інженерно-геологічних умовах, викликає необхідність в розробці нових і вдосконаленні діючих технологій їх спорудження.

В сучасному будівництві існують деякі проблеми, а саме: необхідність збереження земельного фонду України; нового будівництва в умовах виключного дефіциту незабудованих територій в великих містах; реконструкції історичних центрів міст із спорудженням нових будівель та споруд і влаштуванням сучасних комунікацій; використання непридатних для наземної забудови територій із складними інженерно-геологічними умовами;

економії енергії при експлуатації будівель та споруд; збереження оточуючого природного середовища зробили актуальним раціональне використання підземного простору.

Стратегія освоєння підземного простору великих міст в Україні одержала свій розвиток в останні десятиріччя, особливо після прийняття Кабінетом міністрів такого важливого документа як "Програма розвитку підземного простору міст України". В Програмі обґрунтовані основні положення підземного будівництва, які включають теоретичні розробки та науково-технічне забезпечення всіх основних заходів при її реалізації в практику.

Однією з найбільш складних задач, яка вирішується при освоєнні підземного простору, є будівництво підземних виробок великого перерізу для споруд різноманітного призначення і забезпечення їх стійкості, міцності, надійності, довговічності та економічності на всіх стадіях життєвого циклу (будівництва, експлуатації, реконструкції).

Розробки нових ресурсозберігаючих та техногенно-безпечних технологій, їх наукове обґрунтування і впровадження та вдосконалення діючих технологій будівництва та реконструкції виробок, підвищення їх стійкості і довговічності та зниження загальних витрат при комплексному освоєнні підземного простору, є актуальною задачею і її вирішення має велике державне значення.

Досвід будівництва та експлуатації підземних об'єктів підтвердив позитивні аспекти освоєння підземного простору, свідчить про високий рівень його економічної доцільності. Тому освоєння підземного простору за рахунок будівництва тунелів і метрополітенів в Україні є загальнодержавною справою, її ресурсом і стратегією, важливим напрямком економічної політики розвитку держави в нових умовах, що має велике народногосподарське і соціальне значення.

Серед ряду технічних, соціально-економічних і екологічних факторів, що впливають на доцільність та перспективи освоєння підземного простору великих міст, важливу роль відіграє врахування інженерно-геологічних умов при будівництві підземних об'єктів.

Перспективними і ефективними напрямками у вирішенні задач спорудження виробок при їх будівництві та реконструкції, які розробляються вітчизняними вченими за останні роки, є цілеспрямоване вивчення аналітичними та експериментальними

методами поведінки системи "кріплення - ґрунтовий масив" з метою вибору найбільш раціональних, з точки зору безпеки та економічної ефективності будівельних конструкцій. Все це в значній мірі впливає на розробку сучасних технологій підземного будівництва споруд різного призначення в складних інженерно-геологічних умовах.

При будівництві підземних споруд, які є виробками метрополітенів та тунелів різноманітного призначення, необхідно враховувати позитивні властивості ґрунтового масиву, намагаючись розробити та реалізувати технології та конструкції, які дозволяють найкращим чином використовувати позитивні якості ґрунтів і запобігати негативних наслідків.

Головна проблема при цьому полягає в забезпеченні обґрунтованого рівня надійності та екологічної безпеки підземних споруд, зниженні капітальних, експлуатаційних та загальних затрат.

В результаті виконаних аналітичних та експериментальних досліджень вирішена проблема підвищення стійкості та довго тривалості підземних споруд в різноманітних гірничо-геологічних умовах. Встановлено, що над виробкою великого перерізу, яка проходиться у в'язких ґрунтах, утворюється зона деформування у вигляді призми зсуву та склепіння тиску.

Виконані аналітичні дослідження дозволили вивести, що в залежності від вибору технології можна виключити небезпечні деформації.

Аналітичним шляхом визначені параметри склепіння тиску і призми зсуву, а також розрахована несуча здатність тимчасового кріплення.

Проведеними теоретичними дослідженнями поведінки виробок великого перерізу в скельних ґрунтах встановлено, що основними несучими елементами є сам скельний масив при оптимальній формі виробок та кріплення яке в них використовується.

В роботі теоретичним шляхом визначено стійкість стін в ґрунті, які широко використовуються при будівництві станцій мілкового закладення. Також обґрунтовано методи кріплення стін за допомогою анкерів та спосіб застосування струменевої цементації слабких основ ряду станцій.

Показано, що при продавлюванні в ґрунтовий масив з різномірними пластовими та водонасиченими утвореннями збірної конструкції кріплення стовбура інтенсивність бокового тиску по

висоті має нелінійний або кусочно-лінійний характер, а максимальні напруження стиску та згинаючі моменти в перерізі обробки виникають в межах нижчих водонасичених та щільних сухих ґрунтів.

За результатами експериментально-теоретичних досліджень вперше розроблено методологію оцінки і забезпечення надійності і довговічності несучих залізобетонних конструкцій підземних споруд в умовах дії агресивних середовищ, що враховує фізико-хімічні закономірності кінетики корозії бетону та арматури і їх вплив на напружено-деформований стан конструкцій.

Також вирішена проблема підвищення стійкості, довговічності та економічної ефективності великих підземних споруд в складних ґруннично-геологічних умовах.

Для забезпечення високого рівня стійкості та техногенної надійності виробок, що проходяться, при будівництві нових ліній Київського метрополітену та інших об'єктів були розроблені, застосовані та впроваджені нові технології спорудження вертикальних, похилих та горизонтальних виробок середнього і великого діаметрів:

- технології проходки вертикальних виробок із застосуванням спеціальних способів, включаючи опускні секції обробки, продавлювання, буранабивні січні палі, розробка ґрунту з гідропригрузом і задавлювання секцій обробки шахтного стовбура з кільцевої штольні, що знаходиться вище рівня ґрунтових вод(безлюдна виїмка ґрунту при проходці стовбура);

- технологія проходки похилих (ескалаторних) тунелів діаметром 9,5; 10,1 м суцільним вибоєм з попереднім заморожуванням водонасичених ґрунтів і створенням штучного льодогрунтового огородження навколо виробки, що проходиться;

- технологія проведення горизонтальних виробок великого перерізу (станційні тунелі, камери з'їздів, блоки технічних приміщень, суміщені тягові підстанції й інші) суцільним вибоєм;

- технологія перегону київського механізованого щита та щитів «Херренкнехт» і «Вірт» через раніше збудований станційний тунель без спорудження монтажних і демонтажних камер;

- технологія герметизації горизонтальних і похилих ходів з допомогою гумових ущільнювачів замість свинцевих, що дало змогу відмовитись від дорогої чавунної обробки та перейти на більш дешеvu залізобетонну обробку і підвищити надійність

герметизації її поперечних і поздовжніх стиків.

В останні роки в Україні розгорнуто будівництво крупних об'єктів та споруд, що пов'язано з вирішенням транспортних проблем, створенням потужних інженерних комплексів.

За останні два десятиріччя розроблена ефективна технологія будівництва станцій мілкового закладення та котлованів різноманітного призначення з застосування спеціального способу «стіна в ґрунті». Дана технологія була успішно впроваджена в будівництві багатьох споруд сумарна довжина спорудження «стіни в ґрунті» в м. Києві досягла 5950 м.

Виконуються також роботи з будівництва колекторного тунелю довжиною 9,7 км.

Особливе місце в забезпеченні високих темпів будівництва ліній метрополітену займає спорудження вертикальних стовбурів. При будівництві Сирецько-Печерської лінії Київського метрополітену було пройдено 7 стовбурів глибиною 50-60 м із застосуванням нових технологій. При цьому їхні верхні частини до слабких водонасичених ґрунтів проходились гірським способом. Потім зі спеціально пройденої кільцевої штольні робили задавлювання секцій обробки з їхнім нарощуванням в штольні.

Для кріплення виробок метрополітенів і тунелів в складних інженерно-геологічних умовах були розроблені цільносекційні і збірні залізобетонні обробки різного призначення. Була запроєктована цільносекційна обробка для кріплення перегінних тунелів мілкового закладання із бетону на напруженому цементі. Споруджено більше 5 км тунелів з таким кріпленням без оклеювальної гідроізоляції. Розроблена і застосована збірна залізобетонна обробка з зовнішнім діаметром 10,1 м для кріплення ескалаторних тунелів. Для тунельних виробок різного призначення (перегінні тунелі, навколостовбурні виробки, стовбури) в складних умовах були розроблені конструкційні обробки з універсальних залізобетонних блоків.

Для всіх основних конструкцій залізобетонної обробки, яка застосовується у водонасичених ґрунтах, були розроблені гумові ущільнювальні елементи стиків спеціальної конструкції для герметизації стиків по поздовжніх і поперечних бортах тубінгів і блоків. Це дозволило замінити дорогу чавунну обробку на залізобетонну, що разом із застосуванням нових технологій дало значний економічний ефект.

Нова високоефективна технологія фізико-хімічної активації цементної системи в спеціально розробленому реакторі-активаторі, що дозволяє одержати бетон із заданими експлуатаційними властивостями для ремонту залізобетонних конструкцій підземних споруд, що експлуатуються протягом довготривалого періоду часу, впроваджена при ремонті конструкцій в містах Київ і Дніпропетровськ.

Вперше в світі технологія будівництва похилого ходу в умовах пливунів з використанням гумових ущільнювачів була застосована на станції Печерська Київського метрополітену, яка була введена в експлуатацію в 1997 році. При будівництві однієї зі станцій, яка була введена в експлуатацію в 2000 році, гумові ущільнювачі були використані як на самій станції (горизонтальна ділянка), так і на похилому ході. Досвід експлуатації згаданих станцій показав високу ефективність і надійність герметизації стиків залізобетонної обробки в складних інженерно-геологічних умовах

Під час реконструкції Майдану Незалежності для влаштування монолітних залізобетонних конструкцій була застосована інвентарна опалубка у комплексному застосуванні пластифікаторів та хімічних добавок до бетону. Крім того, запроваджено нову технологію сухого монтажу гранітних плит. Ці впровадження зменшили вартість робіт поліпшили їх якість і дозволили виконувати конструкції зі складними архітектурними формами.

Значне збереження матеріальних, трудових, енергетичних і, в кінцевому підсумку, грошових ресурсів при будівництві, експлуатації, реконструкції підземних об'єктів в виробках різноманітного призначення, що споруджуються в складних інженерно-геологічних умовах, може бути досягнуто реалізацією системного підходу до створення високоефективних технологій шляхом повного використання несучої та огорожувальної здатності ґрунтів виробки; нових конструкцій тимчасового кріплення; впровадженням новітніх технологій проходки і виконання супутніх робіт; розробки несучих та огорожуючи конструкцій постійного кріплення нового типу; використання матеріалів для підземних конструкцій з високими експлуатаційними властивостями; утилізації побіжних матеріалів гірничої маси; нових принципів діагностики, проектування ремонтних систем для підземних конструкцій, що експлуатуються протягом тривалого часу; раціонального проектування підземних і заглиблених споруд

за критерієм оптимізації сукупних витрат на спорудження і експлуатацію об'єктів.

Отже, освоєння підземного простору в Україні є важливим напрямом економічної політики розвитку держави в нових умовах і має важливе містобудівне, народногосподарське, соціальне значення. Однією з найбільш складних задач, яка вирішується при освоєнні підземного простору, є будівництво метрополітенів і тунелів різноманітного призначення і забезпечення їх стійкості, міцності, надійності, довговічності та економічності на всіх стадіях життєвого циклу (будівництва, експлуатації, реконструкції). Враховуючи, що спорудження підземних об'єктів, як правило, ведеться в складних інженерно-геологічних умовах, то в вартості будівництва велику питому вагу мають капіталовкладення на тимчасові кріплення та постійні обробки виробок, які забезпечують безпечні умови праці та експлуатації споруд. В роботі обґрунтовані технічні рішення сучасних технологій підземного будівництва споруд різного призначення в складних інженерно-геологічних умовах, які не мають аналогів у вітчизняній практиці і відповідають рівню кращих світових зразків.

1. Ільчук Н.І. Міський транспорт: навчальний посібник. Л.:РВВ ЛНТУ, 2010. 128 с.
2. Литвинов О.О; Беляков Ю.І. та інших. "Технологія будівельного виробництва" Київ: Вища школа.1984г.
3. ДБН В.2.3-22 - 2009 «Споруди транспорту. Мости і труби. Основні вимоги проектування»
4. ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».
5. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування.