

УДК 624.191.1

Н.І. Ільчук, О.З. Шафранська*Луцький національний технічний університет***РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТУНЕЛІВ В УКРАЇНІ**

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.

Ключові слова: Ресурси, підземні споруди, ґрунти, тунелі.

Н.И. Ильчук, О.З. Шафранская**РЕСУРСОЗБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОНЕЛЕЙ В УКРАИНЕ**

В данной работе обоснованы технические решения современных технологий подземного строительства сооружений различного назначения, обеспечения их устойчивости, прочности, надежности, долговечности и экономичности на всех стадиях жизненного цикла (строительства, эксплуатации, реконструкции). в сложных инженерно-геологических условиях.

Ключові слова: Ресурси, підземні споруди, ґрунти, тунелі.

N.I. Pchuk, O.Z. Shafranska**TUNNEL CONSTRUCTION SAVING TECHNOLOGIES IN UKRAINE.**

In this paper, grounded technical solutions of modern technologies civil engineering structures for various purposes, ensure their sustainability, durability, reliability, durability and efficiency at all stages of the life cycle (construction, operation, rehabilitation). in difficult geological conditions.

Ключові слова: Resources, underground structures, soils tunnels.

Збільшення обсягів підземного будівництва метрополітенів у великих містах і тунелів різного призначення, особливо в складних інженерно-геологічних умовах, викликає необхідність в розробці нових і вдосконаленні діючих технологій їх спорудження.

Існуючі складні проблеми в сучасному будівництві, 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.

Основні положення програми підземного будівництва включають теоретичні розробки та науково-технічне забезпечення всіх основних заходів при реалізації в практику, що досягається шляхом вирішення наступних наукових задач:

- вивчення геотехнічних процесів в нестійких ґрунтових масивах та розробка технологій будівництва в них великих споруд;
- встановлення ступеню стійкості виробки під дією зовнішніх навантажень та впливів, особливо при великому гірничому тиску;
- розробка методів розрахунку міцності, надійності та довговічності конструкцій обробки і обґрунтування її конструктивно-технологічних параметрів;
- розробка високоефективних технологій будівництва і реконструкції виробок великого перерізу та обґрунтування їх найбільш раціональних параметрів;
- розробка і впровадження технологій проведення тунельних виробок з використанням високопродуктивних механізованих прохідницьких комплексів;
- розвиток технологій утилізації побіжних матеріалів, що утворюються при розробці виробок;
- розробка надійної і довговічної конструкції гумових ущільнювачів для герметизації тунельної обробки і встановлення гарантійних термінів збереження їх експлуатаційних характеристик;
- розробка методики діагностики та оцінки технічного стану залізобетонних конструкцій обробки на стадії експлуатації;
- обґрунтування параметрів систем та технологій ремонту залізобетонних конструкцій підземних споруд, що експлуатуються, при їх реконструкції та відновленні.

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 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 різноманітними пластивими 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 гірничо-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, буронабивні 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 дешеву 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 закладення 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 тюбінгів і блоків. Це дозволило замінити дорогу чавунну обробку на залізобетонну, що разом із застосуванням нових технологій дало значний економічний ефект.

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 станції "Дорогожичі", яка введена в експлуатацію в 2000 році, гумові ущільнювачі були використані як на самій станції (горизонтальна дільниця), так і на похилому ході. Досвід експлуатації згаданих станцій показав високу ефективність і надійність герметизації стиків залізобетонної обробки в складних інженерно-геологічних умовах.

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 огорожуючої здатності ґрунтів виробки; нових

конструкцій тимчасового кріплення; впровадженням новітніх технологій проходки і виконання супутніх робіт; розробки несучих та огорожуючих 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.

Базуючись на уточненій геомеханічній схемі взаємодії системи "постійна обробка - гірський масив" розроблені теоретичні основи створення ресурсозберігаючих залізобетонних конструкцій обробок вертикальних і горизонтальних стовбурів. Для агресивних умов експлуатації залізобетонних конструкцій підземних споруд вперше запропонована методологія проектування конструкцій з врахуванням кінетики корозії матеріалів. Розроблені та вдосконалені методики дозволяють забезпечити надійність та стійкість виробок великого перерізу на стадії будівництва при їх розробці та довговічність експлуатації підземних конструкцій в складних інженерно-геологічних умовах при значному зменшенні матеріалоємності споруд.

Запропоновані нові матеріали і технології їх виробництва, методики проектування для спорудження і реконструкції підземних об'єктів: гумові ущільнювачі для збірних залізобетонних конструкцій обробок, нові склади бетонів для спорудження огорожуючих залізобетонних конструкцій способом "стіна в ґрунті", спорудження об'єктів у водному середовищі способом труби, що вертикально переміщується, цементні розчини з механіко-хімічною активацією - їх застосування значно знижує капітальні витрати на спорудження і ремонт підземних об'єктів.

Новий спосіб і пристрій для тимчасового кріплення вибою з застосуванням анкерно-пневмобалонного кріплення; технологія проходки стовбура метрополітену комбінованим способом, яка включає спосіб продавлювання збірної залізобетонної обробки з проміжної кільцевої штольні і дозволяє високопродуктивно та безаварійно виконати будівництво стовбура глибиною 50-60 м і більше у складних інженерно-геологічних умовах; технологія, яка дозволяє здійснити одночасну проходку перегінного і станційного тунелів, підготувати його для перевезення щитового комплексу і забезпечити високу стійкість виробки великого перерізу; технології спорудження підземних споруд з використанням залізобетонних обробок з гумовими ущільнювачами замість чавунних з свинцевими ущільнювачами; технології будівництва підземних споруд з використанням модифікованого монолітного бетону.

Рівень наукового обґрунтування та проектних розробок нових технологій дозволяє вирішувати найскладніші завдання, що виникають при будівництві метрополітенів і тунелів різноманітного призначення.

Крім того, за всі роки експлуатації метрополітенів досягнутий значний соціальний ефект, який полягає у вирішенні транспортної проблеми і використанні екологічно чистих засобів транспорту, зменшенні шкідливих викидів у навколишнє середовище від автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Така тенденція відповідає сучасним світовим стандартам використанням підземного простору в великих мегаполісах і регіонах.

Побудовані підземні та надземні об'єкти мають колосальне архітектурно-планувальне значення, як палаци з яскравим вишуканим дизайном та елементами життєзабезпечення.

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 вартість 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.

Список використаних джерел:

1. СНиП 12-03-01. Безпека праці в будівництві. Загальні вимоги.
2. Ільчук Н.І. Міський транспорт: навчальний посібник. Л.:РВВ ЛНТУ, 2010. 128 с.
3. Литвинов О.О.; Беляков Ю.І. та інших. "Технологія будівельного виробництва" Київ: Вищу школу.1984г.
4. ЕНиР "Земляні роботи" М.: Стройиздат 1989г.
5. ДБН В.2.3-22 - 2009 «Споруди транспорту. Мости і труби. Основні вимоги проектування»
6. ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».
7. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування.
8. Стальные конструкции. СНиП II-23-81*.
9. Гибшман М. Є., Дедух І.Е. Мости і споруди на автомобільних дорогах. Підручник для автомоб.-дор. технікумів.- М.:Транспорт,1981.-399 з.
10. Дзвонів М. М., Вейнблат Б. М. Будівництво мостів: Підручник.- М.:Транспорт,1984.- 504з.

Рецензенти:

Бабич Є.М., завідувач кафедри будівельних конструкцій д.т.н., проф. (НУВГП, м. Рівне),
Шваб'к В.І., завідувач кафедри промислового будівництва та господарства (Луцький НТУ,
м. Луцьк)

Стаття надійшла до редакції 25.12.2015.