

## ПРО ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ ЕСКАЛАТОРНИХ І ПЕРЕГІННИХ ТУНЕЛІВ КИЇВСЬКОГО МЕТРО

Сталий та динамічний розвиток підземної транспортної інфраструктури для мегаполісів, зокрема, Києва – це один з найважливіших пріоритетів. Три роки проектування і будівництво Київського метро не ведеться. У жовтні 2015 року Міністерство регіонального розвитку України оголосило про інтерес японських і польських компаній до фінансування будівництва метрополітену в Києві, а саме до продовження проектування та будівництва Подільсько-Вигурівської лінії. Передбачається, що її почнуть будувати у вересні 2016 року, а відновлять проектування вже в квітні. Назріла необхідність застосування інноваційних технологій спорудження таких складних і масштабних об'єктів, як ескалаторні і перегінні тунелі.

Добудова станції глибокого закладення «Львівська брама», поряд з другими виходами зі станції «Вокзальна» та «Університет», є першочерговим об'єктом. Отже, «Львівська брама» – станція на Сирецько-Печерській лінії, побудована транзитної в 1996 році, але до цих пір не відкрита, будівництво комплексу ескалаторних тунелів заморожене. Розташована вона між станціями «Лук'янівська» та «Золоті ворота» (рис. 1). Після введення в експлуатацію здатна розвантажити центр міста від наземного транспорту і сприяти збереженню історичного середовища Львівської площі.

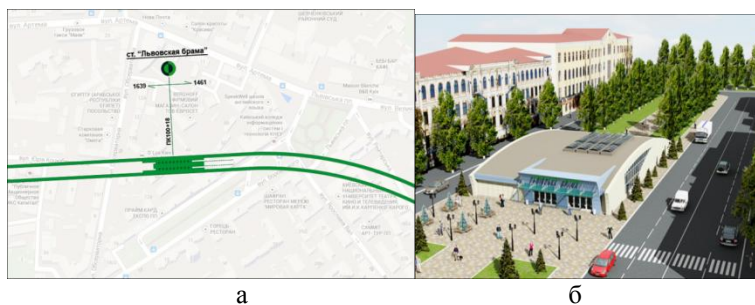


Рис. 1. Розташування станції (а) та проект вхідного вестибюлю (б)

Причин довгобуду декілька: відсутність затвердженого проекту реконструкції Львівської площі і розташування виходів з метро, фінансові проблеми, велика глибина закладення станції - 90 м, що вимагає спорудження двох ескалаторних тунелів з проміжним вестибюлем в нестійких обводнених ґрунтах у верхній частині. Сучасний стан центрального залу та проект оздоблення наведені на рис.2.

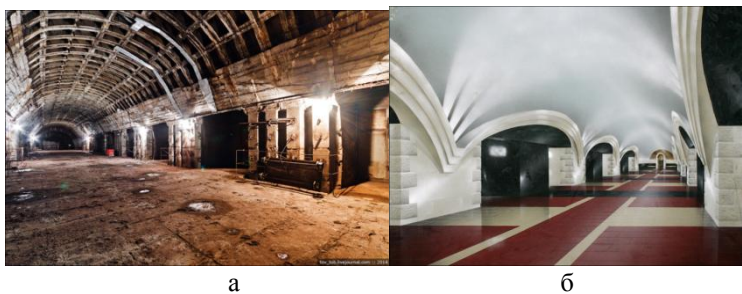


Рис. 2. Сучасний стан (а) та затверджений проект (б) станції «Львівська брама»

Станції та перегінні тунелі Київського метрополітену на правому березі Дніпра закладаються в щільних, переважно сухих спонділових (мергелистих) палеогенових глинах міцністю на стискання приблизно 10 МПа. Потужність шару глин досягає 18-25 м і більше. Однак на ділянках розмивів глини мають підвищену вологість, пористість, тріщинуватість і знижену міцність. Такий розмив знаходиться на глибині 45 м на ділянці будівництва і буде перетинатися ескалаторним тунелем. Гірський тиск в зоні розмивів проявляється більш інтенсивно і тривало. Вище глин залягають нестійкі обводнені четвертинні наноси - суглинки, піски, пливуні потужністю близько 20 м (табл. 1).

Параметри ґрунтового масиву на ділянці будівництва

Потужність, м	Тип ґрунту	Щільність, кН/м <sup>2</sup>	Модуль деформації, МПа	Коефіцієнт Пуассона, од	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, кПа
4,5	Техногенний шар	18,4	15	0,30	24	2
15,6	Суглинки	20,7	11	0,36	20	34
20,2	Спондилові глини	21,5	100	0,35	21	80
10,3	Спондилові глини (зона розмиву)	22,2	8	0,20	16	12
24,6	Спондилові глини	21,5	100	0,35	21	80
32,0	Спондилові глини	23,0	180	0,36	23	145

З відкритих джерел, а також в проектних інститутах «Укрметротунельпроект» і «Харківметропроект» нами отримано і систематизовано інформацію щодо значимості факторів, які ускладняють будівництво, дані зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Оцінка ускладнюючих будівництво факторів

Фактори	Вага факторів, %
Дуже глибоке закладення - 90 м, двомаршовий похилий хід	27
Зона розмиву в спондилових глинах на глибині 45 м	33
Нестійкі обводнені ґрунти четвертинних відкладень у верхній частині	12
Щільна історична забудова району Львівської площі	28

У нормативах будівництва ескалаторних тунелів з використанням найсучасніших технологій не розглядається. Основним і практично єдиним способом проведення ескалаторних тунелів до недавнього часу була безщитова еректорна проходка в заморожених породах з оправою з чавунних тубінгів темпами 10-12 м на місяць. Після розморожування відбувалася значна просадка поверхні, що неприпустимо в районах історичної забудови.

Один з новітніх напрямів прискорення будівництва та зниження зсувів денної поверхні при спорудженні ескалаторних тунелів пов'язаний із застосуванням тунелепрохідницьких механізованих комплексів (ТПМК) з системою ґрунтопривантаження, здатною підтримувати забій, врівноважуючи тиск ґрунту і води, а також впливати на властивості ґрунтів за допомогою нагнітання хімічних реагентів. ТПМК провідних виробників - німецької фірми «Herrenknecht AG» та канадської «Lovat» для будівництва ескалаторних тунелів в Києві поки не застосовувалися. Вартість такого ТПМК складає 15 млн євро.

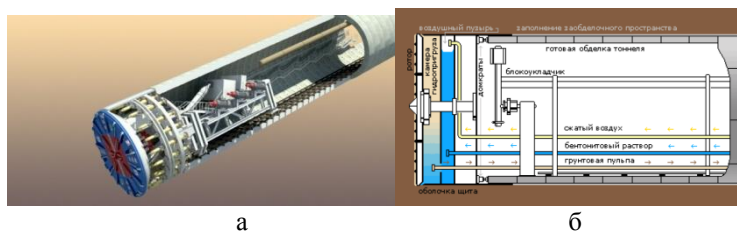


Рис. 3. ТПМК для похилих ходів (а) та функціональна схема ТПМК (б)

Оскільки досвіду застосування цієї технології в Україні немає, для обґрунтування проектних рішень нами застосований метод експертних оцінок, частина з яких отримані безпосередньо від фахівців галузі, інші - шляхом аналізу наукових публікацій відібраних фахівців. Сім з дев'яти експертів визнали оптимальною технологію спорудження похилих ходів з використанням ТПМК з ґрунтопривантаженням і струминну цементацию з КДСЦ (комплексною добавкою для струминної цементации) для забезпечення стійкості ґрунтів і усунення припливу води. Технологія вперше була застосована при будівництві станцій метро в Санкт-Петербурзі в подібних умовах. Ґрунь зміцненню методом струминної цементации підлягає не тільки ділянка поблизу гирла тунелю, але і в глибині масиву. У нашому випадку другою зоною ґрунтозміцнення буде зона розмиву спондилових глин на глибині 45 м, де закріплення порід буде здійснюватися із заздалегідь спорудженого проміжного вестибюля, з позначки «- 30 м».

Похилі ходи «Львівської брами» споруджуватимуть за допомогою ТПМК в збірній залізобетонній блоковій оправі діаметром 10,4 м (при розрахунковому пасажиропотоці необхідно чотири ескалатори), товщина блоків з водонепроникного бетону з гумовим ущільненням стиків 500 мм, ширина кільця 1 м, заправний простір заповнюється спеціальним водонепроникним двокомпонентним швидкоотвердуючим розчином зі змішуванням його в момент нагнітання.

Нами запропонована оригінальна технологія будівництва: після спорудження першого маршу похилого ходу щитовий комплекс вийде на горизонтальну ділянку довжиною 40-50 м з радіусом 100 м переходу від нахилу в 30° на позначці проміжного вестибюля, тобто підлоги першого поверху торгово-розважального центру (ТРЦ), а після цього

знову увійде на похилу ділянку ескалаторного тунелю другого маршу. Це зробить можливим спорудження двомаршового похилого ходу без перемонтажу ТПМК. Аналогічно комплекс здійснить вихід на горизонт існуючої станції, рис. 4.

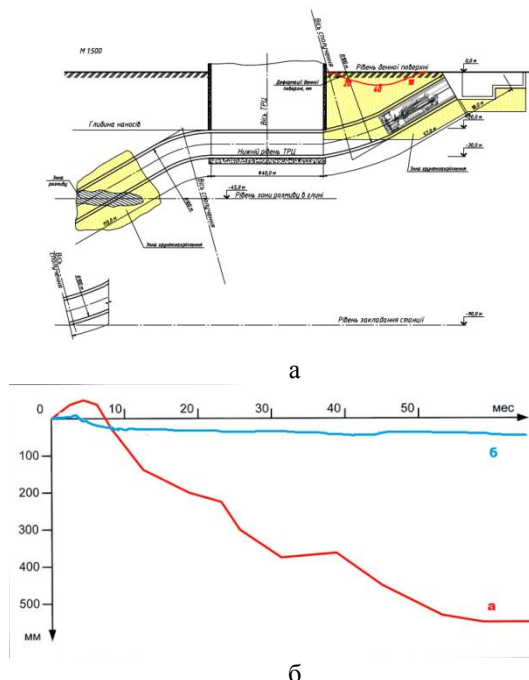


Рис. 4. Технологічна схема спорудження ескалаторних тунелів (а) та графіки зсуву денної поверхні за традиційним та пропонованим варіантами (б)

На рівні проміжного вестибюля розміщується нижній поверх заглибленої будівлі торгово-розважального центру (рис. 5), що дозволить залучити в проект добудови станції кошти інвесторів.



Рис. 5. Поздовжній розріз проміжного вестибюля з ТРЦ

Використання ТПМК з ґрунтопривантаженням для будівництва похилих ходів дозволить вирішити низку проблем:

- Швидко добудувати і здати в експлуатацію станцію «Львівська брама» в центрі з пропускною спроможністю 10 000 пасажирів на годину;
- Використовувати в подальшому цей ТПМК для реконструкції (зокрема, «Вокзальна» та «Університет») і будівництва нових станцій глибокого закладення, наприклад «Солом'янської» та «Глибочицької» тощо;
- Перейти до спорудження перегінних тунелів нових ліній метро двоколійними (рис. 6), діаметри ескалаторних і перегінних тунелів будуть практично збігатися (10,3 – 10,5 м), тобто стане можливим вийти ТПМК після спорудження похилого ходу на горизонт станції та спорудити монтажну камеру щитового комплексу для перегінного тунелю довжиною 100-200 м.

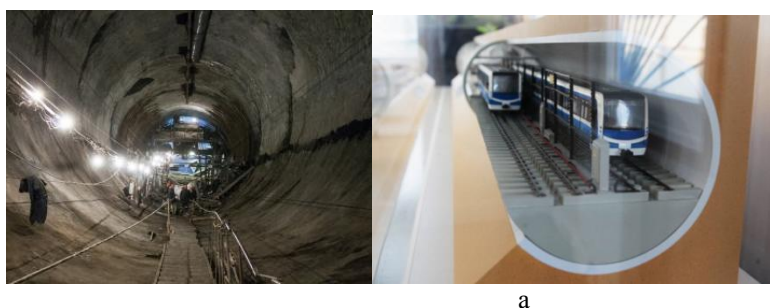


Рис. 6. Будівництво двоколієного тунелю (а) та його макет (б)

Нова для України так звана іспанська технологія – з двоколійними перегінними тунелями - та відповідний прохідницький щит, виготовлений в Німеччині, дозволить значно прискорити будівництво метро, підвищити якість робіт, скоротити терміни спорудження тунелів, зробити їх більш надійними і довговічними. І хоча ціна комплексу висока - 23 млн євро, а разом з іншим обладнанням - 32 млн євро – перспектива розвитку столиці того вартує.