

УДК 625.42:624.13

Каменец В.И., к.т.н., доц., Пастух А.А., студ. гр. Ш-13, Лугинин В.А., студ. гр. Шс-15
 Государственное ВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,
 г. Красноармейск, Украина

ОБ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Динамичное развитие подземной транспортной инфраструктуры для мегаполисов, в частности, Киева – один из важнейших приоритетов. Три года проектирование и строительство Киевского метро не ведется. В октябре 2015 года Министерство регионального развития Украины объявило об интересе японских и польских компаний к финансированию строительства метрополитена в Киеве, а именно к продолжению проектирования и строительства Подольско-Вигуровской линии. Предполагается, что ее начнут строить в сентябре 2016 года, а возобновят проектирование уже в апреле. Назрела необходимость применения инновационных технологий сооружения таких сложных и масштабных объектов, как эскалаторные и перегонные тоннели.

Достройка станции глубокого заложения «Львовская брама», наряду со вторым выходом со станции «Вокзальная», является первоочередным объектом. «Львовская брама» – станция на Сырецко-Печерской линии, построена транзитной в 1996 году, но до сих пор не открыта, строительство комплекса эскалаторных тоннелей заморожено. Расположена она между станциями «Луцькая» и «Золотые ворота» (рис. 1). После введения в эксплуатацию способна разгрузить центр города от наземного транспорта и способствовать сохранению исторической среды Львовской площади.

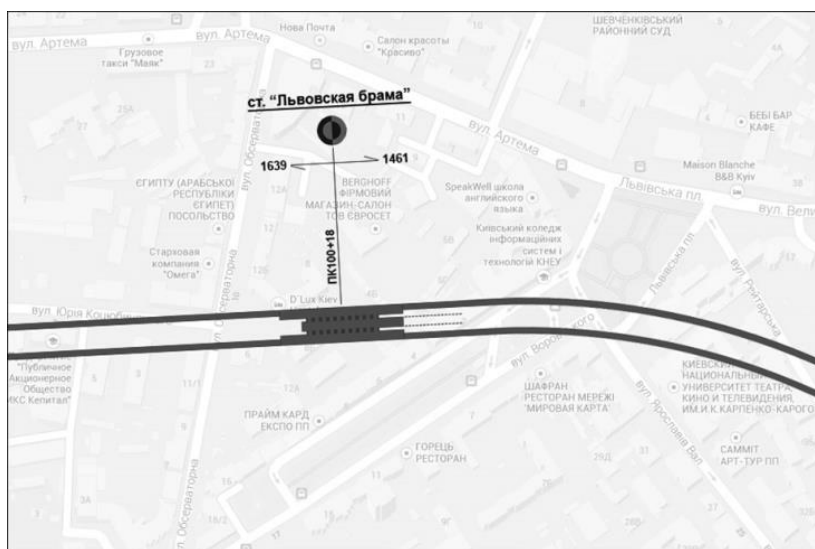


Рис.1. Расположение станции Львовская брама

Причин долгостроя несколько: отсутствие утвержденного проекта реконструкции Львовской площади и расположения выходов из метро, финансовые проблемы, большая глубина заложения станции – 90 м, что требует сооружения двух эскалаторных тоннелей с промежуточным вестибюлем в неустойчивых обводнённых грунтах в верхней части (рис. 2).



Рис. 2. Зона примыкания будущего эскалаторного тоннеля

Станции и перегонные тоннели Киевского метрополитена на правом берегу Днепра закладываются в плотных, преимущественно сухих спондиловых (мергелистых) палеогеновых глинах прочностью на сжатие примерно 10 МПа. Мощность слоя глин достигает 18-25 м и более. Однако на участках размывов глины имеют повышенную влажность, пористость, трещиноватость и пониженную прочность. Такой размыв находится на глубине 45 м на участке строительства и будет пересекаться эскалаторным тоннелем. Горное давление в зоне размывов проявляется более интенсивно и длительно. Выше глин залегают неустойчивые обводненные четвертичные наносы – суглинки, пески, пльвуны мощностью около 20 м (табл. 1).

В нормативе [1] строительство эскалаторных тоннелей с использованием современных технологий не рассматривается. Основным и практически единственным способом проведения эскалаторных тоннелей до недавнего времени была бесщитовая эректорная проходка в замороженных породах с креплением чугунными тубингами [2,3,4]. После размораживания происходила значительная просадка поверхности, что недопустимо в районах исторической застройки.

Одно из направлений снижения осадок дневной поверхности при сооружении эскалаторных тоннелей связано с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК), представляющих собой комплекс с системой грунтопригруза, способной поддерживать забой, уравнивая давление грунта и воды, а также воздействовать на грунт посредством нагнетания химических реагентов. ТПМК ведущих производителей: немецкой фирмы «Херренкнехт АГ», канадской

«Ловат» для строительства эскалаторных тоннелей в Киеве пока не применялись.

Таблица 1

Параметры грунтового массива на участке строительства

Мощность, м	Тип грунта	Объемный вес, кН/м ³	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кПа
4,5	Техногенный слой	18,4	15	0,30	24	2
15,6	Суглинки	20,7	11	0,36	20	34
20,2	Спондиловые глины	21,5	100	0,35	21	80
10,3	Спондиловые глины (зона размыва)	22,2	8	0,20	16	12
4,6	Спондиловые глины	21,5	100	0,35	21	80
2,0	Спондиловые глины	23,0	180	0,36	23	145

Из открытых источников, а также в проектных институтах «Укрметротоннельпроект» и «Харьковметропроект» нами получена и систематизирована информация о значимости факторов, которые осложняют строительство, данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка осложняющих строительство факторов

Факторы	Вес факторов, %
Глубокое заложение – 90 м, двухмаршевый наклонный ход	27
Зона размыва в спондиловых глинах на глубине 45 м	33
Неустойчивые обводненные грунты четвертичных отложений	12
Плотная историческая застройка района Львовской площади	28

Поскольку опыта применения этой технологии в Украине нет, для обоснования проектных решений нами применен метод экспертных оценок, часть из которых получены непосредственно от специалистов отрасли, остальные – путем анализа научных публикаций отобранных специалистов. Семь из девяти экспертов признали оптимальной технологию сооружения наклонных ходов с использованием ТПМК с грунтопригрузом и струйную цементацию с КДСЦ (комплексной добавкой для струйной цементации) для обеспечения устойчивости грунтов и устранения притока воды. Технология впервые была применена при строительстве станций метро в Санкт-Петербурге в подобных условиях [5]. Укреплению грунтов методом струйной цементации подлежит не только участок вблизи устья тоннеля, но и в глубине массива. В нашем случае второй зоной грунтоукрепления будет зона размыва спондиловых глин на глубине 45 м, где закрепление пород будет осуществляться из заранее сооруженного промежуточного вестибюля, с отметки – 30 м.

Наклонные ходы «Львовской брамы» будут сооружать с помощью ТПМК в сборной железобетонной обделке диаметром 10,4 м (при расчётном пассажиропотоке необходимо четыре эскалатора), толщина блоков из водонепроницаемого бетона с резиновым уплотнением стыков 500 мм, ширина кольца 1 м. Заобделочное пространство заполняется специальным водонепроницаемым двухкомпонентным быстротвердеющим раствором со смешиванием его в момент его нагнетания.

Нами предложена оригинальная технологическая строительства: после сооружения первого марша наклонного хода щитовой комплекс выйдет на горизонтальный участок длиной 40-50 м с радиусом 100 м перехода от наклона в 30° на отметке промежуточного вестибюля, то есть пола нижнего этажа торгово-развлекательного центра (ТРЦ), а после этого снова войдет на наклонный участок эскалаторного тоннеля второго марша. Это сделает возможным сооружение двухмаршевого наклонного хода без перемонтажа ТПМК. Аналогично комплекс осуществит выход на горизонт существующей станции, рис. 3.

На уровне промежуточного вестибюля разместится нижний этаж заглублённого здания торгово-развлекательного центра (рис. 4), что позволит привлечь в проект достройки станции средства инвесторов.

Использование ТПМК с грунтопригрузом для строительства наклонных ходов позволит решить несколько проблем:

- Быстро достроить и сдать в эксплуатацию станцию «Львовская брама» в центре с пропускной способностью 10 000 пассажиров в час;
- Использовать в дальнейшем ТПМК для реконструкции (в частности, второй выход из «Вокзальной») и строительства новых станций глубокого заложения, например – «Соломенской», «Глубочицкой»;

- Перейти к сооружению перегонных тоннелей новых линий метро двухпутными для снижения стоимости строительства, диаметры эскалаторных и перегонных тоннелей будут совпадать.

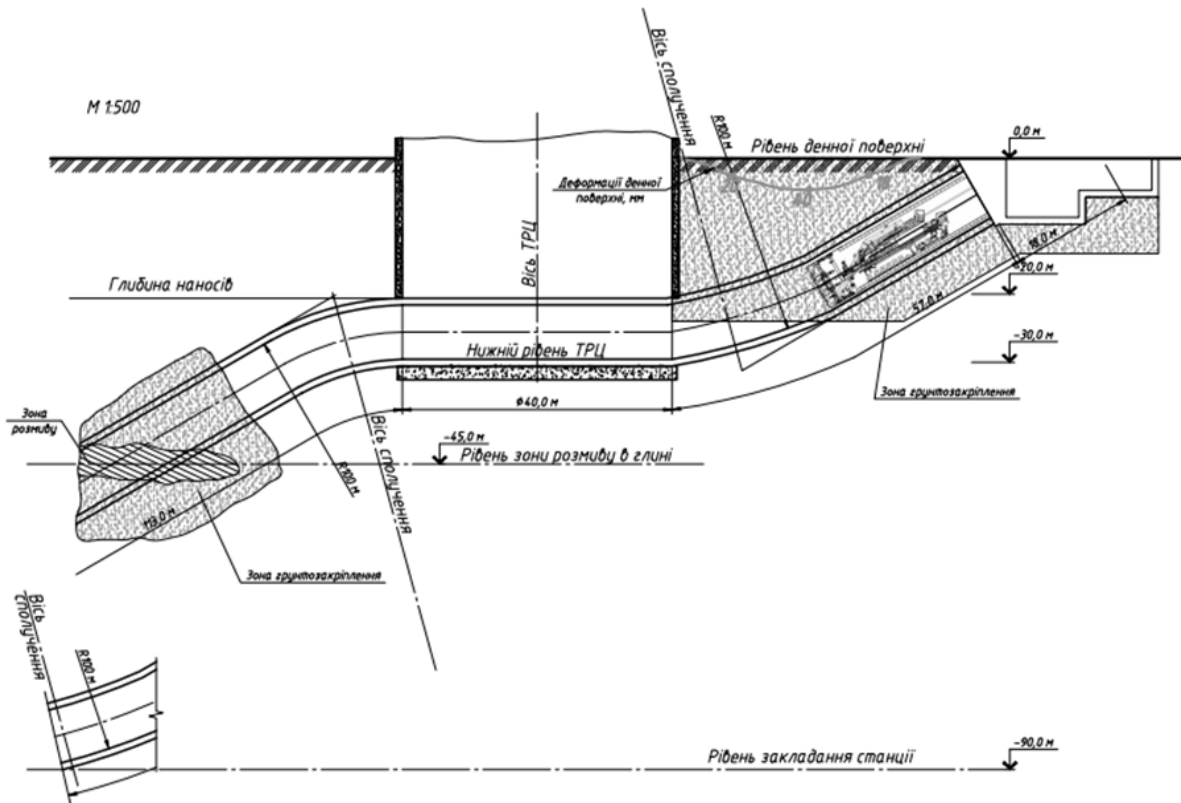


Рис. 3. Технологическая схема строительства эскалаторных тоннелей

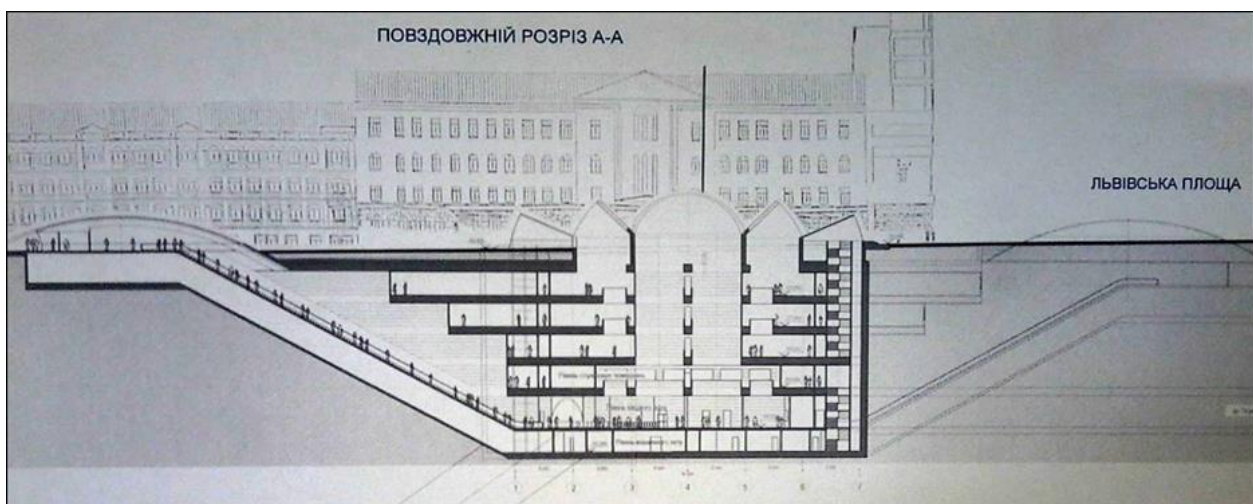


Рис. 4. Продольный разрез промежуточного вестибюля с ТРЦ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. МЕТРОПОЛІТЕНИ, Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 201 с.
2. Дорман, Я.А. Специальные способы работ при строительстве метрополитенов / Я.А. Дорман. М.: Транспорт, 1981. 303 с.
3. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР). Сборник Е36. Горнопроходческие работы. Выпуск 2. Строительство метрополитенов, тоннелей и подземных сооружений специального назначения.
4. Лысиков, Б.А. Строительство метрополитенов и подземных сооружений на подрабатываемых территориях / Б.А. Лысиков, Г.Р. Розенвассер, В.Ф. Шаталов; под ред. Б.А. Лысикова. Часть I. – Севастополь: Вебер, 2003. – 302 с.
5. Безродный, К.П. Строительство эскалаторных тоннелей Санкт-Петербургского метрополитена / К.П. Безродный, М.О. Лебедев, Г.Д. Егоров // Метро и тоннели. №1, 2015. www.tar-rus.ru