

УДК 624.1

Зуєвська Н.В.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Ваннічна В.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Шайдецька Л.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**КОНЦЕПЦІЯ ГЕОМОНІТОРИНГУ ТА 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПІДРОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ МЕГАПОЛІСУ**

У статті проаналізовано причини деформацій з використанням деформаційного моніторингу шляхопроводу. Складено математичну модель перегінного тунелю в ґрунтовому масиві. Виконано числове моделювання перегінного тунелю лінії метрополітену, що проходить під шляхопроводом. Установлено, що зміна глибини закладання тунелю безпосередньо впливає на деформації земної поверхні.

Ключові слова: *перегінний тунель, деформації, моделювання, метрополітен.*

Постановка проблеми. Постійні впливи зовнішніх факторів та експлуатаційних навантажень призводять до поступового зносу споруди, а при наднормативних навантаженнях і до передчасного зносу, незворотних деформацій і руйнування елементів конструкції. Для контролю та прогнозування стану конструктивних елементів і споруд, з метою запобігання тенденції зміни геометричних параметрів споруди в бік розвитку несприятливої ситуації, необхідно проводити періодичні обстеження конструкцій з виконанням комплексу геодезичних вимірювань його геометричних параметрів, тобто деформаційний моніторинг [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До зовнішніх факторів, які впливають на деформації, можна зарахувати геодинамічні наслідки проходки гірничих виробок, експлуатаційні навантаження та зміни зовнішніх кліматичних умов, таких як добова зміна температури повітря й сонячна активність (наявність прямого сонячного випромінювання на різні частини об'єкта), навантаження опадів (снігу), сейсмічні поштовхи.

Основними функціями системи деформаційного моніторингу є вимірювання геометричних і фізичних величин, передача, оброблення, накопичення та надання інформації організації, що обслуговує споруду.

Деформаційний моніторинг може проводитися періодично або безперервно. Часто виникає необхідність застосування обох видів деформаційного

моніторингу в процесі будівництва об'єктів. Одним із сучасних методів дослідження деформацій є застосування автоматизованої системи деформаційного моніторингу (далі – АСДМ), яка дає змогу виконувати неперервні вимірювання деформацій (зсувів) елементів конструкції об'єкта. Супутникові (ГЛОНАСС/GPS) і цифрові геотехнічні датчики для моніторингу допомагають виявити деформації об'єктів, що виходять за межі нормативного діапазону. При цьому забезпечується сантиметровий рівень точності за будь-яких погодних і кліматичних умов у режимі реального часу за допомогою відповідної специфікації та конфігурації АДСМ. Принцип вимірювань дає можливість визначити просторове положення будь-якої точки об'єкта з однаковою точністю й оперативністю.

Результати вимірювань різних датчиків надають інформацію про умови експлуатації об'єктів і їх вплив на геометричну стабільність і стійкість об'єктів. Отже, комплексні АСДМ допомагають виконати аналіз причин деформацій і спрогнозувати поведінку об'єктів загалом та окремих їх конструктивних елементів зокрема.

Завдяки автоматизованій системі деформаційного моніторингу «Кентавр» проведено автоматизований моніторинг деформацій конструктивних елементів шляхопроводу в період проходки тунелів Куренівсько-Червоноармійської лінії метрополітену під Одеською площею в Голосіївському районі м. Києва [2].

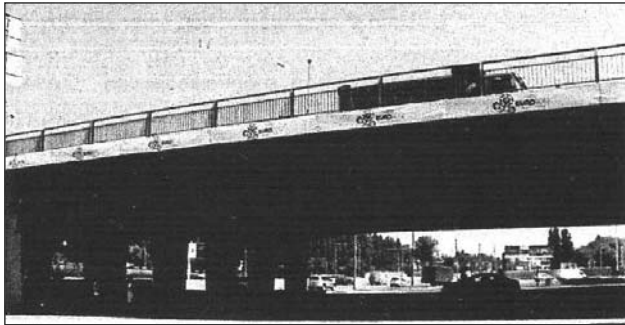


Рис. 1. Опори та балка естакади, за якими велись спостереження

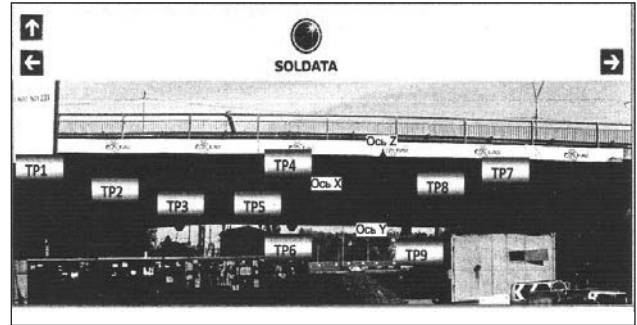


Рис. 2. Розташування деформаційних призм на балці шляхопроводу

Постановка завдання. Мета моніторингу – визначення відхилень конструкції опор шляхопроводу й положення балки естакади в плані та профілі під час проходки тунелів метрополітену.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для забезпечення стабільності розрахунків і працездатності автоматизованої системи спостереження «Кентавр» встановлено необхідну кількість вихідних пунктів: на «клеверному листі» шляхопроводу (з'їзд із шляхопроводу вул. Академіка Заболотного на пр. Академіка Глушкова): забетонувано в ґрунті 4 металеві стовпи з призмами; на опорах шляхопроводу з протилежної від проходки щитового комплексу сторони зафіксовано п'ять призм.

Для визначення кренів і просядок елементів конструкції шляхопроводу, за якими велись спостереження, у визначених місцях встановлені деформаційні призми: на опорах шляхопроводу, розташованого в безпосередній близькості від проектною осі тунелю, – шість призм; на балці естакади – дев'ять призм; на тротуарі й дорозі поздовж осі тунелю – шістнадцять точок спостережень.

До приближення щитового комплексу виміри виконувались для отримання нульових значень і визначення стабільності шляхопроводу без додаткових факторів впливу на фундамент споруди.

Таблиця 1

Результати спостереження зміщення точок

	Вісь	Мінімальне значення, мм	Максимальне значення, мм
Опори шляхопроводу	X	-2	+2
	Y	-1	+2.5
	Z	-3	+5
Балка шляхопроводу	X	-2.5	+5
	Y	-1.5	+3.5
Точки Кентавр	Z	-3	+6
	Z	-2.5	+4

Таблиця 2

Результати вимірів автоматизованої системи впливу на споруду від проходки щитового комплексу

	Вісь	Мінімальне значення, мм	Максимальне значення, мм
Опори шляхопроводу	X	-13,5	-3,5
	Y	-1,5	+6.5
	Z	-6	+5
Балка шляхопроводу	X	+1	+10,5
	Y	-4	+5
	Z	-7	+4
Точки «Кентавр»	Z	-10	+4,5

Виміри проводились в автоматичному режимі електронним тахеометром TCRA 1201 № 238847 виробництва фірми “Leica Geosystems”.

Коливання відхилень можна пояснити постійними й тимчасовими навантаженнями споруди. До початку будівництва тунелю під шляхопроводом значних відхилень конструкції не виявлено, а отримані результати узгоджувались між собою.

У процесі проходки щитового комплексу під шляхопроводом зафіксовано такі максимальні відхилення: X= -11 мм; Y= мм; Z= -9 мм (-11 мм – «Кентавр»).

Для порівняння результатів дослідження деформацій у програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel” побудовано математичну модель [2].

Інженерно-геологічні умови ґрунтового масиву складено такими ґрунтами: насипний ґрунт – потужність 8 м, пісок – потужність 6 м, суглинок – 3 м, глина – 4 м.

По-перше, на моделі відобразимо опору шляхопроводу у вигляді навантаження, що діє на масив ґрунту. По-друге, побудуємо частину перегінного тунелю Куренівсько-Червоноармійської лінії метрополітену, що проходить під шляхопроводом.

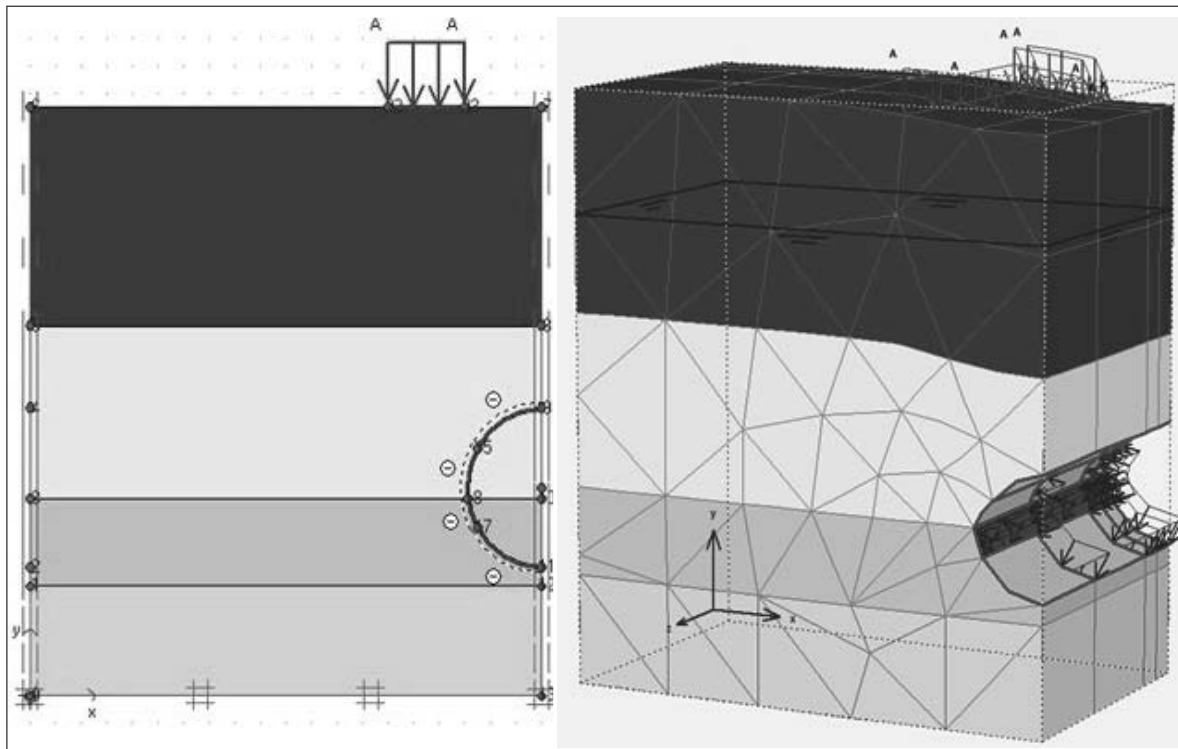


Рис. 3. Розрахункова схема та просідання ґрунтового масиву під час спорудження тунелю метрополітену на запланованій глибині закладання

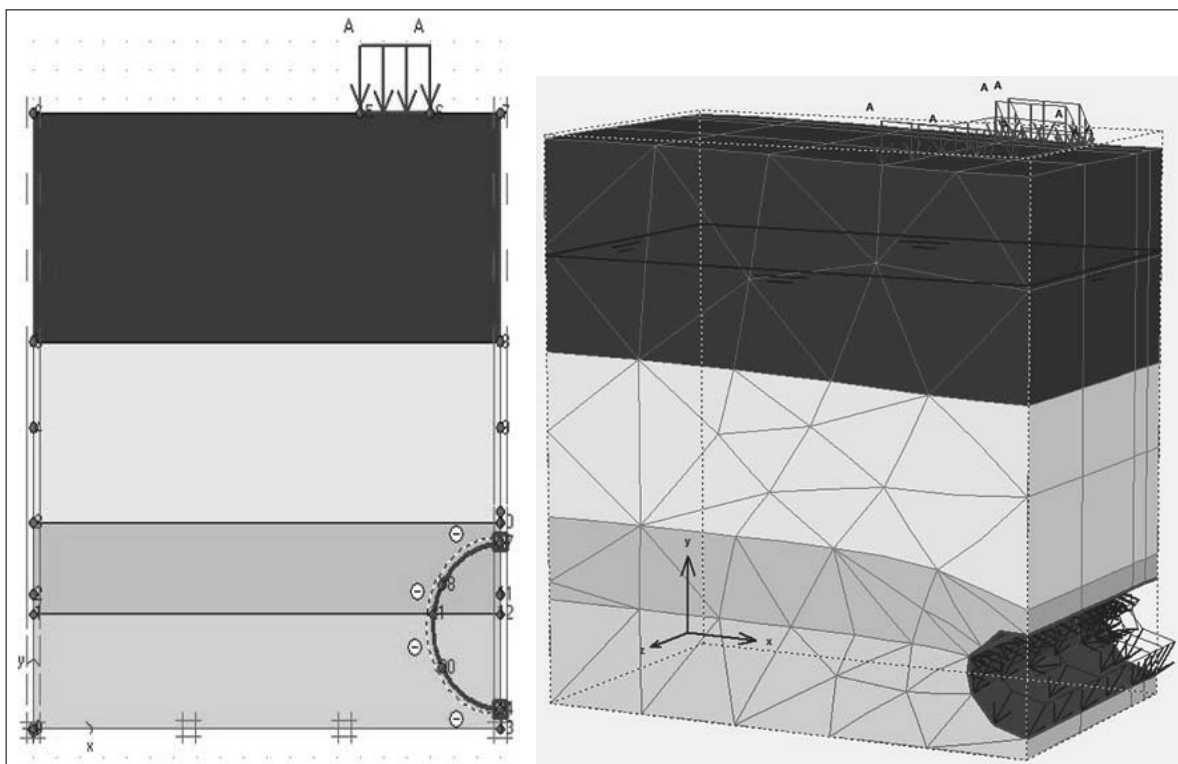


Рис. 4. Розрахункова схема та просідання ґрунтового масиву під час спорудження тунелю метрополітену на 2 м нижче від планової відмітки закладання

Цей тунель проходили щитовим комплексом, діаметр тунелю у світлі – 5,4 м, тип кріплення – залізобетонні тюбінги, товщина тюбінгу – 0,4 м.

У подальшому прослідкуємо за осіданням ґрунту під шляхопроводом. За результатами моделювання просідання ґрунту становить 12 мм, що

відповідає осіданню, яке ми отримали внаслідок спостережень за допомогою автоматизованої системи деформаційного моніторингу.

Додатково проведемо дослідження, в ході якого стане відомо, як зміниться деформація земної поверхні, залежно від зміни глибини проходки перегінного тунелю.

Опустимо цей перегінний тунель на 2 м нижче від планової відмітки закладання.

У цьому випадку просідання ґрунту земної поверхні становитиме 4 мм, що в 3 рази менше від просідання ґрунту, що відбулось при реальній проходці перегінного тунелю.

У результаті поєднання сучасних методів інженерних вишукувань, завдяки яким отримано дані натурних спостережень з просідання земної поверхні, і математичного моделювання в програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel” [3–4] ми

можемо отримати достовірні результати щодо просідання ґрунтового масиву під час спорудження підроблювальних виробок в умовах мегаполісу. Це дасть змогу більш точно й оперативніше враховувати специфіку конкретної місцевості, вживати запобіжні заходи щодо збереження наявних конструкцій на поверхні.

Висновки. Зона деформацій земної поверхні, що виникає під час проведення підземних робіт, залежить від геологічних умов підроблюваного масиву та глибини залягання підземної споруди.

Математична модель деформації земної поверхні під час проведення підземних робіт, створена в програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel”, повністю відповідає натурній моделі деформації земної поверхні, яка створена за допомогою автоматизованих систем деформаційного моніторингу «Кентавр».

Список літератури:

1. Хиллер Б. Автоматизированный деформационный мониторинг – инновационные технологии на службу обеспечения безопасности в горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности. Маркшейдерский вестник. 2010. № 4. С. 54–58.
2. Звіт про автоматизований моніторинг шляхопроводу на Одеській площі м. Києва / «ПІ Укрметротунельпроект». Київ, 2012. Додаток Б. С. 4–8.
3. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник. 2-ге вид., вип. і допов. Київ: Знання, 2012. 574 с.
4. Холод О.В. Вплив підземних робіт на існуючі будівлі і споруди в умовах щільної міської забудови: дис. ... магістр-та: спец. 8.05030102 «Шахтне та підземне будівництво». Київ, 2013. 104 с.

КОНЦЕПЦИЯ ГЕОМОНИТОРИНГА И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Проанализированы причины деформаций на основе деформационного мониторинга путепровода. Составлена математическая модель перегонного тоннеля в грунтовом массиве. Выполнено численное моделирование перегонного тоннеля линии метрополитена, что проходит под путепроводом. Установлено, что изменение глубины заложения тоннеля непосредственно влияет на деформации земной поверхности.

Ключевые слова: *перегонный тоннель, деформации, моделирование, метрополитен.*

CONCEPT OF GEOMONITORING AND 3D MODELING OF PROMOTIONAL WORKS IN THE MEGAPOLIS CONDITIONS

The causes of deformations on the basis of deformation monitoring of overpass are analyzed. A mathematical model of a transient tunnel in a soil massif is made. A numerical simulation of the transverse tunnel of the metro line under the overpass has been performed. It is established that the change in the depth of laying of the tunnel directly affects the deformation of the earth's surface.

Key words: *transverse tunnel, deformation, modeling, underground.*