

УДК 624.15; 725

**О.А. Тугай<sup>1</sup>,**

докт. техн. наук, професор  
ORCID: 0000-0001-6255-3119

**П.С. Григоровський<sup>1</sup>,**

докт. техн. наук, професор  
ORCID: 0000-0003-0527-5890

**В.О. Басанський<sup>2</sup>,**

канд. техн. наук  
ORCID: 0000-0002-7850-7798

**В.В. Лялько<sup>1</sup>,**

аспірант  
ORCID: 0000-0003-3397-0751

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

<sup>2</sup>Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва ім. В.С.Балицького», м. Київ

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ ОТОЧУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ ПРИ ВИЗНАЧЕНОМУ ВПЛИВІ ВІД БУДІВНИЦТВА ЛІНІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ**

*В Києві відбувається будівництво ділянки Сирецько-Печерської лінії метрополітену. Тунелі лінії метрополітену будують частково відкритим способом. В зоні розташування пікету ПК-2 котловану будівництва метрополітену розташовується існуюча будівля по просп. Правди 68-а, яка розташована в зоні можливого впливу. Вплив на конструкції будівель оточуючої забудови виникає на різних етапах існування тунелів метрополітену: будівництва тунелів з влаштуванням відкритих котлованів та етап експлуатації тунелів метрополітену з вібраційним впливом під час руху поїздів.*

*На етапі будівництва тунелів метрополітену виникають деформації ґрунтової основи під існуючими будівлями під час розробки ґрунту в середині котловану, що призводить до виникнення нерівномірних осідань будівель. В статті досліджено ефективність методів підсилення фундаментів оточуючої забудови при визначеному впливі від будівництва лінії метрополітену.*

*Для визначення найбільш ефективного варіанту підсилення фундаментів будинку на ділянці будівництва тунелів лінії метрополітену виконано варіативні розрахунки з застосуванням різних схем підсилення фундаментів для визначення оптимального співвідношення трудовитрат до забезпечення міцності і мінімізації деформацій за кожним способом. Враховуючи конструктивну схему будівлі, інженерно-геологічні умови ділянки забудови та технологічні можливості неагресивного підсилення фундаментів розглядалися наступні варіанти підсилення: влаштування фундаментної плити; ін'єктуванням підсилюючим розчином основи фундаментів; влаштуванням мікропаль.*

*Розрахунки системи «котлован – ґрунт – будівля» виконувалися в програмно-розрахунковому комплексі «PLAXIS 2D» методом кінцевих елементів.*

*Враховуючи що найбільший вплив на виникнення дефектів в конструкціях будівлі буде давати параметр нерівномірності деформацій, порівняння ефективності підсилення визначалось за цим параметром.*

*Найменша нерівномірність деформацій забезпечувалась за допомогою підсилення фундаментною плитою. У порівнянні з цим способом підсилення ін'єктування основи фундаментів підсилюючим розчином давало на 89% більше*

*нерівномірних деформацій, а підсилення мікропалями – 296% більше нерівномірних деформацій. Найбільш ефективним способом підсилення фундаментів будівлі є влаштування фундаментної плити з ущільненням основи за допомогою саморозширюючого полімерного матеріалу.*

**Ключові слова:** метрополітен, котлован, розрахунок, підсилення.

**Вступ.** В останні десятиліття, у всьому світі та безпосередньо в Україні відбувається урбанізація й інтенсивне зростання міст. Одночасно з цим, для розвантаження транспортного потоку у місті відбувається засвоєння підземного простору та будівництво нових ліній метрополітену. Тому в даний час, нормальне функціонування великих міст нерозривно пов'язане з розвитком метрополітену [1]. В Києві відбувається будівництво дільниці Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції «Сирець» на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі (дільниця від станції «Сирець» до станції «Проспект Правди» з двома станціями («Мостицька» та «Проспект Правди»). Тунелі лінії метрополітену будують частково відкритим способом.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В Україні є значний досвід вивчення вібраційного впливу метрополітену на стан несучих конструкцій будівель оточуючої забудови [2-5] та незначний досвід вивчення впливу будівництва тунелів ліній метрополітену на будівлі оточуючої забудови на етапі будівництва тунелів з влаштуванням відкритих котлованів.

**Постановка завдання.** На ділянці будівництва тунелів лінії метрополітену в зоні можливого впливу розташовані будівлі оточуючої забудови. Вплив на конструкції будівель оточуючої забудови виникає на різних етапах існування тунелів метрополітену: будівництва тунелів з влаштуванням відкритих котлованів та етап експлуатації тунелів метрополітену з вібраційним впливом під час руху поїздів.

На етапі експлуатації тунелів метрополітену несучі конструкції оточуючої забудови знаходиться під впливом вібраційного навантаження.

На етапі будівництва тунелів метрополітену виникають деформації ґрунтової основи під існуючими будівлями під час розробки ґрунту в середині котловану, що призводить до виникнення нерівномірних осідань будівель. В статті досліджено ефективність методів підсилення фундаментів оточуючої забудови при визначеному впливі від будівництва лінії метрополітену.

**Основна частина.** В зоні розташування пікету ПК-2 котловану будівництва метрополітену розташовується існуюча будівля по просп. Правди 68-а на відстані  $\approx 3,0$  м.

Будівля 9-ти поверхова з несучими зовнішніми і внутрішніми цегляними стінами. Фундаменти будівлі стрічкові залізобетонні.

Котлован тунелів лінії метрополітену в межах пікету ПК-2 та зони впливу на будинок по просп. Правди, 68-а виконується з влаштуванням кріплення огороження котловану (рис. 1). Огороження котловану влаштується методом «стіна в ґрунті», як залізобетонна монолітна конструкція товщиною 820 мм і глибиною 25 м. При розробці ґрунту в котловані до проектної відмітки (на глибину до 16,2-17,4 м) влаштовуються розпірні елементи з металевих труб. Нижче дна котловану передбачено влаштування протифільтраційної діафрагми. Котлован виконується згідно ДСТУ [6].

При влаштуванні котловану тунелів лінії метрополітену додаткові деформації фундаменту існуючого будинку не перевищують 14,0 мм, що менше допустимого значення у 15 мм, як для будівлі для якої визначено категорію технічного стану – II (задовільний), відповідно п. 3 табл. Б.1 Додатку Б ДБН [7]. Згідно проведених розрахунків впливу, можливо зробити висновок, що додаткове осідання

фундаменту будівлі по просп. Правди, 68-а при спорудженні котловану тунелів лінії метрополітену знаходиться в допустимих нормах меж, але наближається до граничних значень і з урахуванням технологічних деформацій (влаштування траншеї стіни в ґрунті, вібрації руху транспорту та інше) це значення може бути перевищене. Рекомендується вжити заходи щодо збільшення жорсткості огороження котловану, або підсилення фундаментів будівлі оточуючої забудови.

### Монтаж конструкції 5-5

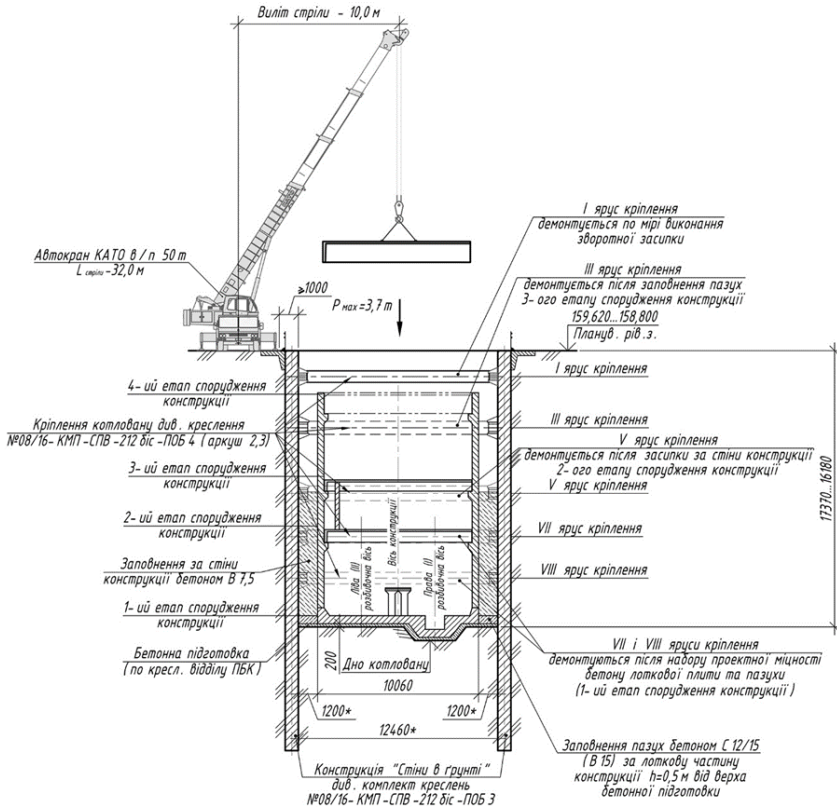


Рис. 1. Конструктивна схема котловану в межах впливу на будівлю по просп. Правди 68а при монтажі конструкцій тунелів

Для визначення найбільш ефективного варіанту підсилення фундаментів будинку по просп. Правди, 68-а на ділянці будівництва тунелів лінії метрополітену досліджено методи підсилення фундаментів [8-9] та виконано варіативні розрахунки з застосуванням різних схем підсилення фундаментів для визначення оптимального співвідношення трудовитрат до забезпечення міцності і мінімізації деформацій за кожним способом. Враховуючи конструктивну схему будівлі, інженерно-геологічні умови ділянки забудови та технологічні можливості

недеструктивного підсилення фундаментів розглядалися наступні варіанти підсилення:

- влаштування фундаментної плити;
- ін'єктуванням підсилюючим розчином основи фундаментів;
- влаштуванням мікропаль.

Розрахунки системи «котлован – ґрунт – будівля» виконувались в програмно-розрахунковому комплексі «PLAXIS 2D» методом кінцевих елементів. В розрахункові моделі враховувались конструкції заглибленої частини та навантаження від верхньої частини 9-ти поверхової житлової будівлі по просп. Правди 68а та також враховувалось влаштування котловану тунелів лінії метрополітену.

В геотехнічному розрахунку ґрунтового масиву використовувалась модель зміцнюючогося ґрунту (HS). Розрахунок проводився як стадійний (враховувались послідовні стадії розробки ґрунту в котловані та встановлення елементів кріплення та конструкцій в котловані), що враховує деформації та напруження у ґрунті та конструкціях від попередніх стадій розрахунку. Залізобетонні елементи конструкцій фундаменту будівлі моделювались, як елементи –плити (фундаментна плита, фундаментні стрічки та стіни, стіни і перекриття). Елементи котловану моделювались, як елементи – плита («стіна в ґрунті»), анкер з фіксованим кінцем (розпірні елементи).

Останньою розрахунковою фазою для якої визначались відповідні деформації є стадія I етапу спорудження конструкцій тунелів з влаштуванням бетонної підлоги, лоткової частини та демонтажем частини розпірних елементів.

**Розрахунок підсилення будівлі влаштуванням фундаментної плити.** Варіативними розрахунками з різними варіантами жорсткості та розташування фундаментної плити визначені наступні параметри конструкції підсилення за даним варіантом:

- фундаментна плита ребриста монолітна залізобетонна (ребрами вверх) з товщиною плитної частини 150 мм, габаритами балок (250x300 мм), що влаштовуються з кроком 1500 мм;
- підшова фундаментної плити влаштовується на відмітці -300 мм від відмітки підлоги підвалу будівлі;
- арматурний каркас балок плити заведено в зовнішні фундаментні стіни будівлі та замоноличені та проходять наскрізь внутрішні фундаментні стіни і омоноличені;
- в основу фундаментної плити нагнітається ін'єкційний підсилюючий розчин товщиною  $\approx 0,5$  м для створення пружної взаємодії ґрунтів основи і підшови фундаментної плити. В розрахунковій моделі прийняті характеристики саморозширюючогося полімерного матеріалу SPT.

В результаті розрахунку отримано значення максимальних деформацій та зусиль ґрунтової основи та конструкцій фундаменту існуючої будівлі та фундаментної плити підсилення (рис. 2).

Після виконання підсилення фундаментів будівлі по просп. Правди 68а фундаментною плитою при влаштуванні котловану тунелів лінії метрополітену додаткові деформації фундаменту будинку не перевищують 13,0 мм.

Нерівномірні деформації складають – 0,000147.

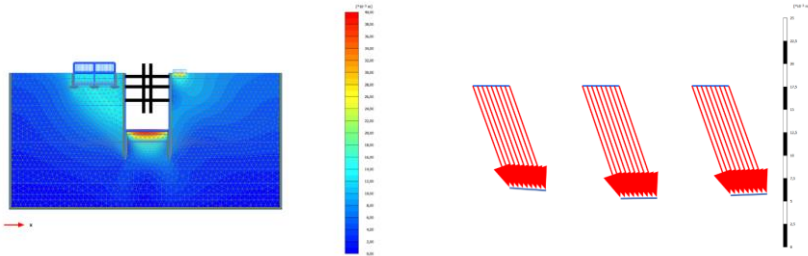


Рис. 2. Результати розрахунку: *a* - ізополя загальних деформацій в ґрунтовому масиві (Максимальні деформації 0,038 м); *б* - еюра загальних деформацій підшови стрічкового фундаменту існуючого будинку по просп. Правди, 68-а (Максимальні деформації 13,0 мм)

**Розрахунок підсилення будівлі ін'єктуванням підсилюючим розчином основи фундаментів.** Варіативними розрахунками з різними варіантами обсягу та розташування зони нагнітання підсилюючого розчину в основу фундаментів визначені наступні параметри підсилення за даним варіантом:

- нагнітається орієнтовно 280 кг матеріалу з кроком 1500 мм під кожен стрічку фундаментів будівлі.

В результаті розрахунку отримано значення максимальних деформацій та зусиль ґрунтової основи та конструкцій фундаменту існуючої будівлі (рис. 3).

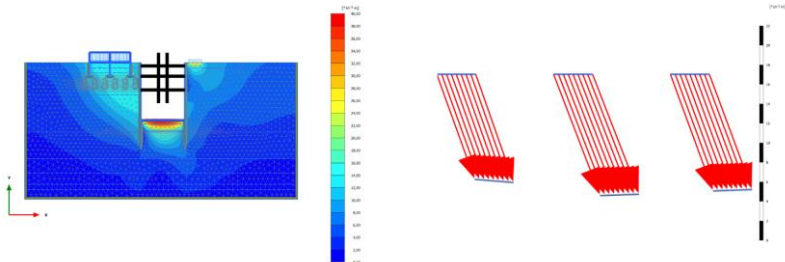


Рис. 3. Результати розрахунку: *a* - ізополя загальних деформацій в ґрунтовому масиві (Максимальні деформації 0,039 м); *б* - еюра загальних деформацій підшови стрічкового фундаменту існуючого будинку по просп. Правди, 68-а (Максимальні деформації 13,3 мм)

Після виконання підсилення фундаментів будівлі по просп. Правди 68а з урахуванням ін'єктування підсилюючим розчином основи фундаментів при влаштуванні котловану тунелів лінії метрополітену додаткові деформації фундаменту будинку не перевищують 13,3 мм.

Нерівномірні деформації складають – 0,000278.

**Розрахунок підсилення будівлі влаштуванням мікропаль.** Варіативними розрахунками з різними варіантами довжини та кроку мікропаль визначені наступні параметри конструкції підсилення за даним варіантом:

- по довжині кожної стрічки фундаментів будівлі влаштовується пара залізобетонних паль діаметром 250 мм, довжиною 11 м та кроком 1500 мм;

- палі об'єднані металевою (або залізобетонною) балкою, що проходить крізь конструкцію фундаментної стіни будівлі;
- верх балки розташований в відмітці підлоги підвалу будівлі.

В результаті розрахунку отримано значення максимальних деформацій та зусиль ґрунтової основи та конструкцій фундаменту існуючої будівлі та мікропалі (рис. 4).

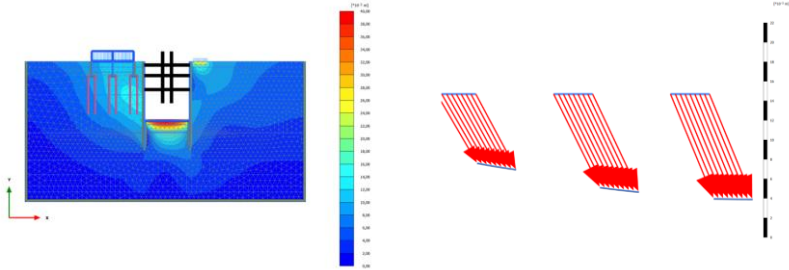


Рис. 4. Результати розрахунку: а- ізополя загальних деформацій в ґрунтовому масиві (Максимальні деформації 0,039 м); б - епіюра загальних деформацій підшови стрічкового фундаменту існуючого будинку по просп. Правди, 68-а (Максимальні деформації 11,7 мм)

Після виконання підсилення фундаментів будівлі по просп. Правди 68а мікропаллями при влаштуванні котловану тунелів лінії метрополітену додаткові деформації фундаменту будинку не перевищують 11,7 мм.

Нерівномірні деформації складають – 0,000583.

**Висновки.** Загальні деформації фундаментів будівлі по просп. Правди 68а по всім трьом варіантам підсилення фундаментів не перевищують допустимі нормами значення.

Враховуючи що найбільший вплив на виникнення дефектів в конструкціях будівлі буде дати параметр нерівномірності деформацій, порівняння ефективності підсилення визначалось за цим параметром.

Найменша нерівномірність деформацій забезпечувалась за допомогою підсилення фундаментною плитою. У порівнянні з цим способом підсилення ін'єктування основи фундаментів підсилюючим розчином давало на 89% більше нерівномірних деформацій, а підсилення мікропаллями – 296% більше нерівномірних деформацій.

Виходячи з даних розрахунків і порівняння нерівномірних деформацій у фундаментах будівлі по просп. Правди 68а визначено, що найбільш ефективним способом підсилення фундаментів будівлі є влаштування фундаментної плити з ущільненням основи за допомогою саморозширюючого полімерного матеріалу.

#### **Список літератури:**

1. Башинський Я.В. Вплив динамічних навантажень метрополітену на напружено-деформований стан конструкцій будівель та споруд: дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Національний авіаційний університет, Київ. 2019. 167 с.

2. Барабаш М.С. Обґрунтування впливу метрополітену на несучі конструкції будівель чисельними методами / М.С. Барабаш, В.П. Максименко, Я.В. Башинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: сб. науч. трудов. – 2016. – Вип. 65. – С. 176-183

3. Башинський Я.В. Вібраційний вплив метрополітену на напружено-деформований стан несучих конструкцій / Я.В. Башинський // Проблеми розвитку міського середовища: зб. наук. праць. – 2018. – Вип. 2(21). – С. 17-25.
4. Башинський Я.В. Влияние динамических нагрузок метрополитена на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций / М.С. Барабаш, Ю.В. Гуца, Я.В. Башинский // Проблеми розвитку міського середовища: зб. наук. праць. – 2016. – Вип. 2(16). – С. 17-27.
5. Лапенко О.І. Врахування впливу динамічних навантажень метрополітену на напружено-деформований стан несучих конструкцій / О.І. Лапенко, Я.В. Башинський // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2015. – Вып. 82. – С. 121-125.
6. Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд: ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014. [Введено в дію від 01.10.2015 р.]. К.: Мінрегіон України, 2015. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60039](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60039)
7. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2018. [Введено в дію від 01.01.2019 р.]. К.: Мінрегіон України, 2018. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78687](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78687)
8. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, О.В. Солядянкін, В.Г. Шаповал, О.М. Шашенко, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: Пороги, 2014. – 231 с.
9. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / Л.М. Шутенко, О.Г. Рудь, О.В. Кічаєва та ін.; за ред. Л. М. Шутенка; пер. з рос.; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 563 с.

#### References:

1. Bashinsky, Ya.V. (2019). *Vplyv dynamichnykh navantazhen' metropolitenu na napruzheno-deformovanyy stan konstruktsey budivel' ta sporud*. [Influence of dynamic subway loads on the stress-strain state of structures of buildings and structures]. Ph.D. Thesis. 05.23.01. National Aviation University, Kyiv, Ukraine.
2. Barabash, M.S., Maksymenko, V.P. & Bashyns'kyu, Ya.V. (2016). Substantiation of the influence of the subway on the load-bearing structures of buildings by numerical methods. *Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. Vip. 65, pp. 176-183.
3. Bashinsky, Ya.V. (2018). Vibrational influence of the subway on the stress-strain state of load-bearing structures. *Problems of urban environment development*. Issue 2 (21), pp. 17-25.
4. Bashinsky, Ya.V., Gushcha, Yu.V. & Bashinsky, Ya.V. (2016). Influence of dynamic subway loads on the stress-strain state of load-bearing structures. *Problems of urban environment developmen*. Issue 2 (16), pp. 17-27.
5. Lapenko, O.I. & Bashinsky, Ya.V. (2015). Taking into account the influence of dynamic loads of the subway on the stress-strain state of load-bearing structures. *Construction, materials science, mechanical engineering*. Issue 82, pp. 121-125.
6. *Nastanova z proektuvannya kotlovaniv dlya ulashtuvannya fundamentiv i zahlyblynykh sporud*. [Guidelines for the design of pits for the arrangement of foundations and deep structures]. (2015). DSTU-N B V.2.1-32:2014 from 01 October 2015. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60039](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60039)
7. *Osnovy ta fundamenti sporud*. [Foundations and foundations of buildings]. (2018). DBN B.2.1-10-2018 from 01 Jan 2019. Kyiv: Ministry of Regional Development

of Ukraine. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78687](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78687)

8. Mekhanika gruntiv. Osnovy ta fundamenti. (2014). [Soil mechanics. Fundamentals and foundations]. Shvets, V.B., Boyko, I.P., Vynnykov, Yu.L., Zotsenko, M.L., Petrakov, O.O., Solodyankin, O.V., Shapoval, V.H., Shashenko, O.M. & Bida S.V. Dnepropetrovsk. Ukraine.

9. Mekhanika gruntiv, osnovy ta fundamenti. (2017). [Soil mechanics, bases and foundations]. Shutenko, L.M., Rud, O.G., Kichaeva, O.V. et al]. In Shutenko, L.M. (ed.). Kharkiv: KhNUMG them. OM Beketova. Ukraine.

***А.А. Тугай, П.Е. Григоровский, В.А. Басанский, В.В. Лялько***

***Эффективность методов усиления фундаментов окружающей застройки при определенном влиянии от строительства линии метрополитена***

*В Киеве проходит строительство участка Сырецко-Печерской линии метрополитена. Тоннели линии метрополитена строят частично открытым способом. В зоне расположения пикета ПК-2 котлована строительства метрополитена размещается существующее здание по просп. Правды 68-я, расположенной в зоне возможного воздействия. Воздействие на конструкции зданий окружающей застройки возникает на разных этапах существования тоннелей метрополитена: строительство тоннелей с устройством открытых котлованов и этап эксплуатации тоннелей метрополитена с вибрационным влиянием при движении поездов.*

*На этапе строительства тоннелей метрополитена возникают деформации грунтового основания под существующими зданиями при разработке грунта внутри котлована, что приводит к возникновению неравномерных оседаний зданий. В статье исследована эффективность методов усиления фундаментов окружающей застройки при определенном влиянии от строительства линии метрополитена.*

*Для определения наиболее эффективного варианта усиления фундаментов дома на участке строительства тоннелей линии метрополитена выполнены вариативные расчеты с применением различных схем усиления фундаментов для определения оптимального соотношения трудозатрат к обеспечению прочности и минимизации деформаций по каждому способу. Учитывая конструктивную схему здания, инженерно-геологические условия участка застройки и технологические возможности неструктивного усиления фундаментов рассматривались следующие варианты усиления: устройство фундаментной плиты; инъектированием усиливающим раствором основания фундаментов; устройством микросвай.*

*Расчет системы «котлован – грунт – здание» выполнялись в программно-расчетном комплексе «PLAXIS 2D» методом конечных элементов.*

*Учитывая, что наибольшее влияние на возникновение дефектов в конструкциях здания будет давать параметр неравномерности деформаций, сравнение эффективности усиления определялось по этому параметру.*

*Наименьшая неравномерность деформаций обеспечивалась усилением фундаментной плитой. По сравнению с этим способом усиление инъектирования основания фундаментов усиливающим раствором давало на 89% больше неравномерных деформаций, а усиление микропаями – на 296% больше неравномерных деформаций. Наиболее эффективным способом усиления фундаментов здания является устройство фундаментной плиты с уплотнением основания посредством саморасширяющегося полимерного материала.*

***Ключевые слова: метрополитен, котлован, расчет, усиление.***



**A.A. Tugay, P.Y. Hryhorovskiy, V.O. Basanskyi, V.V. Lialko**

***Efficiency of methods of strengthening foundations of environmental buildings with a signified influence from the construction of the metroline line***

A section of the Syretsko-Pecherska metro line is being built in Kyiv. Subway line tunnels are built in a partially open way. In the area of the picket PK-2 pit construction of the subway is an existing building on Ave. Truth 68, which is located in the zone of possible influence. The impact on the construction of surrounding buildings occurs at different stages of the existence of subway tunnels: the construction of tunnels with open pits and the stage of operation of subway tunnels with vibration during train traffic.

At the stage of construction of subway tunnels, deformations of the soil base under existing buildings occur during the development of soil in the middle of the pit, which leads to uneven subsidence of buildings. The article investigates the effectiveness of methods of strengthening the foundations of the surrounding buildings with a certain impact from the construction of the subway line.

To determine the most effective option of strengthening the foundations of the house in the construction of tunnels of the subway line, variable calculations were performed using different schemes of strengthening the foundations to determine the optimal ratio of labor costs to ensure strength and minimize deformation in each way. Taking into account the constructive scheme of the building, engineering and geological conditions of the construction site and technological possibilities of non-destructive reinforcement of the foundations, the following reinforcement options were considered: installation of the foundation slab; injection of reinforcing solution of the foundation base; arrangement of micropiles.

Calculations of the system "pit - soil - building" were performed in the software and calculation complex "PLAXIS 2D" by the finite element method.

Given that the greatest influence on the occurrence of defects in the structures of the building will give the parameter of non-uniformity of deformations, the comparison of the reinforcement efficiency was determined by this parameter.

The smallest non-uniformity of deformations was provided by means of strengthening by a base plate. Compared to this method, the reinforcement of the foundation foundation injection with 89% more non-uniform deformations gave the reinforcement solution, and 296% more non-uniform deformations with micro-field reinforcement. The most effective way to strengthen the foundations of the building is to install a foundation slab with a compaction of the base with a self-expanding polymeric material.

**Key words: metropolite, boiler, calculation, reinforcement.**

**Посилання на статтю**

**APA:** Tugay, A.A., Hryhorovskiy, P.Y., Basanskyi, V.O. & Lialko, V.V. (2021). Efficiency of methods of strengthening foundations of environmental buildings with a signified influence from the construction of the metroline line. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 48 (1), 41-49.

**ДСТУ:** Тугай О.А. Ефективність методів підсилення фундаментів оточуючої забудови при визначеному впливі від будівництва лінії метрополітену / О.А. Тугай, П.Є. Григоровський, В.О. Басанський, В.В. Лялько // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2021. – № 48(1). – С. 41-49.