

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 69:624.152-047

Ю. Л. ВИННИКОВ^{1*}, М. О. ХАРЧЕНКО², Д. А. ЄРМОЛЕНКО³, М. К. АКОПЯН⁴

^{1*} Кафедра «Буріння та геології», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (067) 256 42 86, ел. пошта vynnykov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2164-9936

² Кафедра «Буріння та геології», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (097) 173 07 70, ел. пошта kharchenkomo@ukr.net, ORCID 0000-0002-1621-2601

³ Кафедра «Автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (066) 450 33 49, ел. пошта yeda@ukr.net, ORCID 0000-0001-6690-238X

⁴ Кафедра «Будівництва та цивільної інженерії», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (099) 986 19 78, ел. пошта armenia3579@gmail.com, ORCID 0000-0002-5271-6639

ГЕОТЕХНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ УЛАШТУВАННЯ КОТЛОВАНУ НОВОБУДОВИ ПОРУЧ З ІСНУЮЧИМИ БУДІВЛЯМИ

Мета. Удосконалити та апробувати комплексну систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови. **Методика.** Нормативні методи обстеження технічного стану несучих будівельних конструкцій, їх основ і фундаментів; моделювання напружено-деформованого стану системи «грунтова основа – існуючі фундаменти з надземною частиною будівлі та інженерні мережі – огороження котловану і виїмка ґрунту на різних етапах його влаштування»; тривалі геодезичні спостереження за деформаціями житлових цегляних будівель з фундаментами на природній основі, які знаходяться в зоні впливу котловану новобудови; методи математичної статистики для обробки результатів експериментів. **Результати.** На натурному об'єкті розроблено й апробовано систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови; проведено оцінювання напружено-деформованого стану системи «грунтова основа – існуючі фундаменти з надземною частиною будівлі та інженерні мережі – огороження котловану і виїмка ґрунту на різних етапах його влаштування»; проведено геодезичні спостереження за деформаціями будівель зі стрічковими фундаментами на замклій лесованій основі, які знаходяться в зоні впливу котловану новобудови, на різних стадіях улаштування його огороження. **Наукова новизна.** Отримано нові дослідні дані про деформації будівель зі стрічковими фундаментами на замклій лесованій основі, які знаходяться в зоні впливу котловану новобудови, на різних стадіях улаштування його огороження та виїмки ґрунту; удосконалено комплексну систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови. **Практична значимість.** Удосконалено й впроваджено в геотехнічну практику для умов щільної забудови ефективне конструктивно-технологічне рішення з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови, за мінімальних затрат та негативного впливу на оточуючу забудову за рахунок стадійності його відкопування, й відповідну методику геотехнічного моніторингу.

Ключові слова: котлован; замкля лесована основа; фундамент на природній основі; пальовий фундамент; осідання; технічний стан будівлі; огороження котловану; геотехнічний моніторинг

Вступ

Згідно з європейськими й українськими будівельними нормами (EN 1990:2002 / A1:2005 / AC, 2010; ДБН В.2.1-10:2018, 2018; ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014, 2015) при зведенні новобудов у щільній забудові граничні допустимі додаткові осідання основ існуючих будівель і споруд та їх відносно нерівномірність від впливу новобудов

залежать від загального конструктивного рішення й категорії технічного стану існуючих об'єктів.

При будівництві за таких умов, зазвичай, слід розв'язати ряд геотехнічних питань (Chang-Yu, Ou, 2006; Briaud, 2013; Іллічов, & Мангушев, 2014; Katzenbach, Leppla, Seip, & Kurze, 2015; Poulos, 2017; Zotsenko, & Vynnykov, 2020), зокрема:

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

– оптимізація рішення основ і фундаментів новобудови з позиції мінімального впливу на навколишні вже існуючі будівлі, споруди та інженерні мережі;

– обґрунтування відповідної, так званої, «щадної» (по відношенню до існуючої суміжної забудови) технології улаштування основ і фундаментів новобудови;

– вибір заходів (насамперед, огороження котловану для новобудови) із захисту суміжних вже існуючих будівель та інженерних мереж, адекватних ймовірному статичному (тобто тому, що може викликати ущільнення й розуцільнення масиву, зміцнення та зниження міцності ґрунту, його деформації формозміни, навіть до втрати несучої здатності основи, наприклад випирання ґрунту з-під подошви фундаменту, обвалення огороження котловану і т. ін.) та технологічному (динамічні, статичні, температурні, хімічні, тощо) впливу.

Зазвичай, заходи зі зменшення впливу нового будівництва на існуючу забудову найчастіше поділяють на: планувальні (як-то, віднесення котловану новобудови на безпечну відстань від сусідніх будівель і споруд); конструктивні (однакова глибина закладання подошви фундаментів існуючих і нових будівель, їх консольне примикання, попереднє підвищення жорсткості існуючих будівель тяжами чи навіть посилення їх фундаментів або зміцнення їх основ, опори глибокого закладання новобудови тощо); архітектурні (примикання новобудови з проїздом чи меншої висоти); технологічні (розкриття котловану з тимчасовою бермою, улаштування роздільних захисних стінок, задавлювання паль, шпунту тощо). Такі заходи майже завжди носять комплексний характер і залежать перш за все від конструктивних особливостей новобудови, тобто типу її фундаментів, глибини підземної частини (наявності паркінгу) тощо.

Якщо розробка котловану неможлива з проектною (нормативною) крутизною відкосів під нову будівлю і не обґрунтовано відповідними розрахунками, то останнім часом у світовій геотехніці (Kitazume, & Terashi, 2013; Pinto, Fartaria, Pita, & Tomásio, 2017; Kryvosheiev, P., Farenjuk, G., Tytarenko, V., et al.; Nguyen, & Nikiforova, 2018; Szilvágyi, & Varga, 2022; Yeow, 2022; Akçakal, Koçak, Veilsöglu, Sevim, & Kulaç, 2022) найбільшої популярності набули наступні конструктивно-технологічні рішення огороження котлованів:

– шпунтові огороження (тонкі дерев'яні, металеві, залізобетонні, пластикові плоскі чи профільні підпірні стінки, стійкість яких забезпечує глибоке замурування у ґрунт або воно ж у комплексі із розкріпленням ґрунтовими анкерами, нагельями, розпірками, підкосами і т. ін.); певну популярність в якості доповнення до шпунтового огороження особливо за умов слабких ґрунтів набули утримуючі берми та розвантажувальні траншеї; цей варіант має обмеження по глибині котлованів до 5...6 м;

– огороження з ґрунтоцементних елементів, які влаштовують за змішувальною технологією (*Deep Mixing*) чи способом струминної цементації (*Jet Grouting*); але, зазвичай, подібне рішення також має обмеження глибини котловану до 5...6 м;

– огороження з буродотичних і буросічних паль, яке дає можливість влаштовувати котловани значної глибини;

– огороження типу «стіна в ґрунті», яке також дає можливість влаштовувати котловани значної глибини;

– застосування технології *Top-Down* (вертикальні елементи огороження створюють за технологією «стіна в ґрунті» чи з буродотичних, чи буросічних паль, потім влаштовують горизонтальні розпірні системи, як правило це перекриття підземної частини будівлі, і починають виймати ґрунт, при цьому є можливість зведення надземної частини будівлі) і т. ін.; дає можливість створення найбільш глибоких котлованів, у т. ч. у щільній забудові.

Однак, для будь-якого рішення огороження котловану кожного разу необхідно оцінювати напружено-деформований стан (НДС) досить складної та змінної в процесі розвитку системи, до якої входять ґрунтовий масив з фактичним, прогнозованим (можливо й зниженим) рівнем ґрунтових вод, існуючі фундаменти й надземні частини будівель у певному технічному стані, підземні інженерні мережі, котлован на різних стадіях його розкриття й елементи його огороження, фундаменти новобудови та її несучі конструкції і т. ін., порівнювати вартість варіантів конструктивно-технологічних рішень.

Суттєві складності при цьому додаються за необхідності улаштування огороження котловану під нову будівлю (наприклад, з підземною частиною у вигляді паркінгу), який має бути більш глибоким за рівень подошви фундаментів

навколишніх будівель. Іншими характерними негативними чинниками у такій геотехнічній задачі зазвичай виступають складні інженерно-геологічні умови (лесові просадочні чи слабкі ґрунти, підтоплення території і т. ін.) та фактичний технічний стан об'єктів (як-то, наявність тріщин у надземному каркасі й інші фактори, що можуть призвести до руйнувань при розкритті поряд котловану), що потрапили у зону впливу котловану.

Тому для успішного розв'язання цієї складної задачі з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого за рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови, слід вести геотехнічний моніторинг у режимі «реального часу», тобто «систему спостережень і контролю з використанням інструментальних вимірювань, яка виконується за спеціальною програмою з метою виявлення НДС основ фундаментів і несучих конструкцій існуючих будівель» (ДБН В.2.1-10:2018, 2018; ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014, 2015; ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016, 2017; ДСТУ Б В.2.1-30:2014, 2015). Його головна мета – фактичними вимірюваннями додаткових осідань (й інших деформацій) основ фундаментів існуючих будівель при влаштуванні огороження та розкритті котловану корегувати проектні рішення для мінімізації негативного впливу.

Перелічимо також й інші задачі геотехнічного моніторингу:

- співставляти фактичні інженерно-геологічні умови, що фіксують при проходженні котловану, й проектні;
- контролювати стадійність улаштування котловану;
- контролювати фактичне влаштування елементів огороження котловану й розпірної системи;
- слідкувати за технічним станом існуючих будівель й інженерних мереж у зоні впливу котловану новобудови;
- приймати відповідні оперативні рішення в разі перевищенні граничних додаткових деформацій і за інших технологічних ускладнень, які сприяють безпечному та якісному веденню робіт, тощо.

Об'єм і склад робіт з геотехнічного моніторингу залежить від складності об'єкту й визначається відповідною програмою робіт (ДБН В.2.1-10:2018, 2018; ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016, 2017). яка включає в себе предмет моніторингу

(найменування об'єктів і методів спостереження), періодичність та терміни спостережень, форма представлення результатів моніторингу, можливі заходи за несприятливих впливів). Зазвичай, у зону дії моніторингу включають об'єкти на відстані до 30 м від краю котловану. Серед головних, добре апробованих методів моніторингу (Briaud, 2013; Zotsenko, & Vinnikov, 2016; Винников, & Манжалій, 2020) є сенс виділити такі:

- спостереження за розкриттям існуючих і появою нових тріщин в існуючих будівлях;
- спостереження за вертикальними та горизонтальними деформаціями існуючих будівель, їх кренами;
- оцінювання змін фізико-механічних властивостей (наприклад, через їх замокання чи промерзання) та НДС у ґрунтовому масиві й конструкціях будівель і споруд;
- контроль за зміною рівня підземних вод;
- контроль за якістю улаштування паль, шпунтового огороження;
- контроль за якістю зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій (зокрема, й фундаментів, ростверків тощо);
- контроль за якістю земляних робіт (технології розкриття котловану та кріплення його стінок, водозниження, улаштування штучних основ, зворотної засипки і т. ін.);
- технічний контроль за станом конструкцій, які зводяться і т. ін.

Взагалі геомоніторинг поділяють на 3 етапи (ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016, 2017; Іллічов, & Мангушев, 2014; Briaud, 2013; Katzenbach, Leppla, Seip, & Kurze, 2015; Винников, & Манжалій, 2020):

- підготовчий (планування зони моніторингу (будівлі, конструкції, що підлягають до постійних спостережень), встановлення обладнання для регулярних спостережень, маячків і датчиків на тріщинах (з датою), створення геодезичної мережі (репери, стінові марки), знімання «нульових» відліків і т. ін.);
- робочий (період регулярних спостережень за об'єктами (геодезичні спостереження, зняття показників датчиків), оцінювання якості будівельних робіт і коригування конструктивно-технологічних заходів);
- післябудівельний (продовження спостережень за об'єктами, що отримали найбільш небезпечні деформації; тривалість етапу залежить

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

від стану об'єктів моніторингу та його мети, але не менше року).

Таким чином, у сучасній геотехнічній практиці апробовано й закріплено будівельними нормами певну загальну систему геотехнічного моніторингу. Але для складних геотехнічних задач, до яких, безперечно, слід віднести й улаштування огороження котловану під нову будівлю, який має бути більш глибоким за рівень підшви фундаментів навколишніх існуючих будівель і споруд, така система потребує подальшого удосконалення та апробації на характерних натурних об'єктах.

Мета

Удосконалити й апробувати на характерному натурному об'єкті комплексну систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови, котловану новобудови.

Методика

Методика моніторингу технічного стану існуючих будівель являє собою комплексний підхід до визначення переміщень їх ключових елементів у просторі. Зокрема, ключовим вимірювальним об'єктом був крен існуючих будівель і вертикальні переміщення їх цокольної частин, які примикали до виїмки котловану. Величина крену встановлювалась за його параметрами (напрями та кути нахилу). Вимірювання та збір інформації про зміни цих параметрів у період виконання будівельних робіт зі зведення нової будівлі виконувалось засобами та устаткуванням автоматизованої вимірювально-інформаційної системи (ВІС) «Моніторинг». Як доповнення, з метою встановлення радіусу негативного впливу на існуючі будівлі результатів будівельних робіт проводився комплекс періодичних спостережень за осіданням їх елементів інструментальними геодезичними методами.

Автоматизована ВІС «Моніторинг» призначена для віддаленого знімання, обробки та передачі інформації. Вона складається з датчиків УІД, вимірювача індуктивності, блоку збору інформації та ліній зв'язку (рис. 1).



Рис. 1. Технічні засоби ВІС «Моніторинг»:

1 – вимірювач індуктивності; 2 – датчик УІД;
3 – лінії зв'язку; 4 – блок збору та передачі інформації

Величини параметрів крену встановлюються універсальним індуктивним датчиком (УІД) із точністю вимірювань 0,001 мм, що забезпечує розрахункову похибку визначення крену 0,05 %. Робочий діапазон температур – 30...+70 °С і рівень захисту від пилу та вологи IP56 дозволили змонтувати його у неопалювальному приміщенні горищного поверху.

Невід'ємною частиною комплексу є його програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «PENDULUM» (тобто «Маятник») для розрахунку та візуалізації деформацій контрольованих будівельних об'єктів.

Методика автоматизованого моніторингу

Алгоритм вимірювань величини і напрямку зміщення контрольованого об'єкта наступний.

1. Датчики жорстко кріплять до об'єкту гвинтами (рис. 2). Корпус датчика виставляють у горизонтальній і вертикальних площинах за допомогою бульбашкового рівня.



Рис. 2. Датчик крену, закріплений на горищі будівлі

2. Датчики встановлюють на величину індуктивності, відповідну ділянці з максимальною лінійністю (вказана в паспорті). Чутливість вимірювача до 0,5 мкГн при похибці вимірювань у всьому діапазоні досліджень складає 0,2 %. Встановлюють всі 4 котушки.

3. Знімають початкові величини індуктивностей ($L_{n1} \dots L_{n4}$) вимірювальних перетворювачів (П1...П4), які входять у склад УІД, за початкового положення маятника.

4. Зафіксоване значення індуктивності приймають за базове для даного датчика.

5. При наступному вимірі знімають величини індуктивності вимірювальних перетворювачів П1...П4 у зміщеному положенні маятника ($L_{c1} \dots L_{c4}$), порівнюють зі значенням індуктивності зразкового перетворювача (вбудований у плату вимірювача індуктивності й виробляє обчислення середньої з 9 вимірів по кожному перетворювачу).

6. Робота системи – автоматична. Тому програмує період, коли система включається, опитує датчики та передає інформацію.

7. При роботі з системою ручного збору інформації, знімання даних проводиться вимірювачем П-1 по черзі для всіх 4 котушок.

8. Визначають величину зміщення контрольного об'єкта та його кута нахилу розрахунковим шляхом. За порівнянням з попередніми значеннями індуктивності визначають зрушення, а аналіз даних 4 котушок, розташованих під кутом 90° , дозволяє оцінити напрямок зрушення маятника.

9. Крім перерахованого вище, програма видає також горизонтальний кут (у градусах) і координати (x, y) кінцевого положення маятника, тобто координати зрушення.

10. Інформація передається мережами мобільного зв'язку у вигляді SMS повідомлень через Інтернет на поштову скриньку електронної пошти чи мобільний телефон з подальшою обробкою на комп'ютері. Дані обробляють програмою «Pendulum».

11. При роботі з системою ручного збору інформації дані заносять у «Pendulum» вручну.

Методика геодезичного моніторингу

Вимір вертикальних переміщень основ будівлі здійснюють апробованим геометричним нівелюванням (короткими променями) II класу точності (ДСТУ Б В.2.1-30:2014, 2015). Для цього використано високоточний нівелір Н-05 й інварна рейка з інтегрованим рівнем.

Нівелювання стінових марок (рис. 3) вели за постійною схемою (рис. 4), щоб значною мірою позбутися впливу систематичних похибок на заміряні параметри. Перед кожним циклом особлива увага зверталась на перевірку основної

геометричної умови нівеліра: візирна вісь і вісь циліндричного рівня повинні бути паралельні.

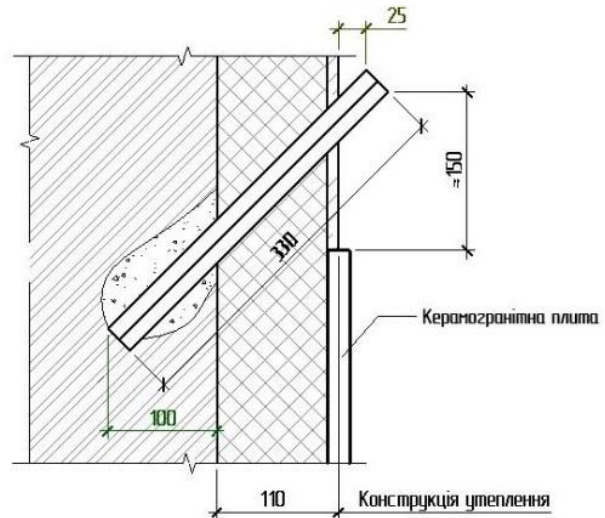


Рис. 3. Осадова стінова марка на рівні цоколя будівлі

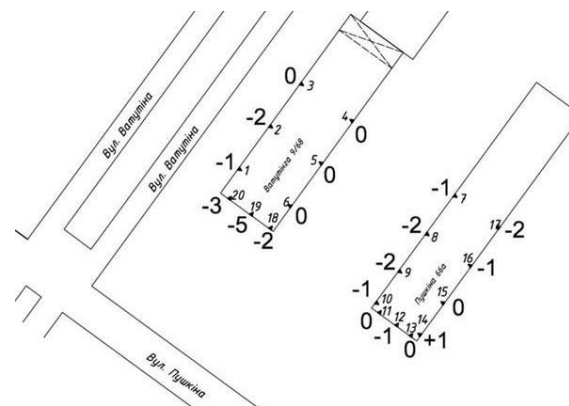


Рис. 4. Схема розташування осадкових стінових марок на рівні цоколя існуючих житлових будівель

Похибка визначення перевищення на одній станції не перевищувала $0,1 - 0,3$ мм, а нев'язка ходів – величини, визначеної за формулою

$$f_{\Delta H} = \pm 0,5 \times \sqrt{n},$$

де n – кількість станцій у ході.

Після закінчення польових робіт з вимірів осідань будівлі і перевірки журналів виконували камеральне опрацювання даних, їх оцінювання. Точне зрівнювання нівелірної мережі здійснювали параметричним методом. Вирівнювання містило 2 етапи. На першому – врівноважували вузлові точки за методом проф. Попова (ваги ходів вираховували за кількістю штативів у ході), а на другому – врівноважували відмітки окремих точок існуючих ходів. Величину осі-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

дання основ будівель під кожною стіноюю маркою визначали як різницю між відмітками цієї марки, отриманої в останньому циклі вимірів, і відміткою, отриманою в першому циклі вимірів.

За одержаними результатами спостережень склали зведені відомості відносних відміток і величин вертикальних переміщень марок. У таблиці для більш повного уявлення про характер розвитку осідань у часі в стовпчиках Δh приведені величини вертикальних переміщень марок відносно попереднього циклу вимірів, а в стовпчиках ΔH – сумарні величини осідань відносно першого циклу вимірів (21.06.2019).

Визначення нерівномірних осідань будинку за весь період його експлуатації

Для визначення деформацій будинку, що накопичилися за роки експлуатації, апробовано метод нівелювання за умовною горизонтальною лінією. Метод базується на припущенні, що на момент зведення будівлі однотипні горизонтальні елементи (шви цегельної кладки, підлога, однотипні точки цоколя й карнизів, віконні перемички і т. ін.) перебували у відповідній проектній горизонтальній площині з відхиленнями, що не перевищують монтажних допусків. Відстань від цих точок до умовної горизонтальної площини, що проходить через найвищу однотипну точку конструктивних елементів, розглядають як наслідок нерівномірних осідань основ дослідної будівлі. Нівелювання виконували за верхнім обрізом цоколя по периметру будівлі. За марками знаходилася найвища точка верху цоколя. Решта точок нижче умовної горизонтальної площини, що проходить крізь цю точку. Цей підхід дозволяє оцінити відносні нерівномірні осідання будівлі на нульовому циклі геодезичного моніторингу, які накопичилися за час експлуатації.

Результати

Проектом житлового будинку з вбудованими приміщеннями громадського призначення по вул. Пушкіна, 68 у м. Полтава передбачено зведення восьмиповерхової будівлі з підземним паркінгом глибиною більше 4 м. Вона має дві секції, розділені деформаційним швом. Її фундамент – палі С140.35-8, об'єднані залізобетонним стрічковим ростверком під стіни й окремими ростверками під колони. Частина будівлі (підвал і перший поверх) має монолітний залізобетонний каркас. Перекриття – теж з монолі-

тного залізобетону. У підвальному поверсі розташовано паркінг, а на першому – приміщення громадського призначення. Конструктивна схема будівлі від другого поверху й вище являє поздовжні несучі стіни із керамічної цегли зі збірним залізобетонним переkritтям.

Секція, розташована вздовж вул. Ватутіна, зводиться впритул (розрив – 0,5 м) до існуючої житлової п'ятиповерхової будівлі з мансардним і підвальним поверхами (вул. Ватутіна, 9/68). Конструктивна схема цієї будівлі – поздовжні несучі стіни з керамічної цегли. Фундаменти та цоколь – зі збірних залізобетонних елементів.

Друга секція будівлі розташована уздовж вул. Пушкіна і підходить на відстань 7,5 м несучими та огорожувальними конструкціями до іншої існуючої житлової будівлі (вул. Пушкіна, 66А). Конструктивна схема цієї будівлі – поздовжні несучі стіни з блоків (цегла й розчин) заводського виготовлення. Фундаменти – з монолітного залізобетону, а цоколь – з бутового каменю.

Для улаштування паркінгу передбачено котлован глибиною понад 4 м, який межує безпосередньо з будинком по вул. Ватутіна, 9/68 і підходить до будівлі по вул. Пушкіна, 66А на 7,5 м (рис. 5). Обидві будівлі й прийнято в якості об'єктів моніторингу їх технічного стану на період зведення будинку по вул. Пушкіна, 68.

Аналіз конструктивних заходів з мінімізації впливу нового будівництва на існуючу забудову

Для мінімізації впливу нового будівництва на існуючу забудову створено проект кріплення стінок котловану. Він передбачає котлован з вертикальними стінками, стійкість яких забезпечується вдавненими в ґрунт на 10 – 12 м двотаврами №30 (на 7 м нижче рівня дна котловану) з дерев'яною забірною між ними (консольний варіант огороження). Додатково у зонах впливу існуючих будівель стійкість огороження забезпечувалося металевими підкосами з кроком 6 м вздовж котловану. Двотаври для сумісної роботи об'єднано горизонтальною металеву об'язувальною балкою. Для мінімізації технологічного впливу на існуючі фундаменти в зонах максимального наближення при задавлюванні вертикальних шпунтових елементів огороження котловану передбачалося влаштування лідерних свердловин на проектну глибину котловану, які додатково підвищували точність розміщення даних шпунтових паль.

Роботи з відкопування котловану та зведення підземної частини виконують стадійно на різних ділянках, що також суттєво зменшувало негативний вплив на існуючу забудову.

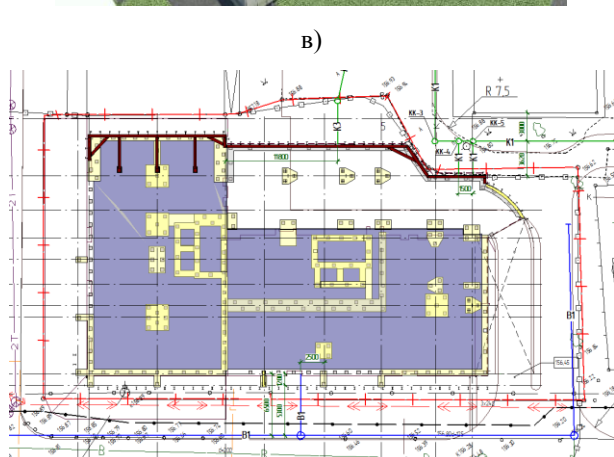
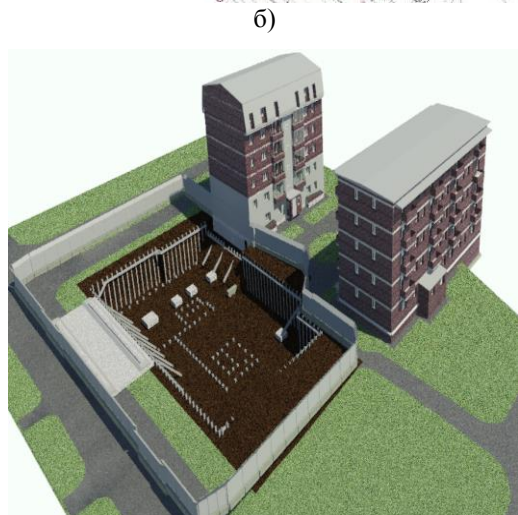
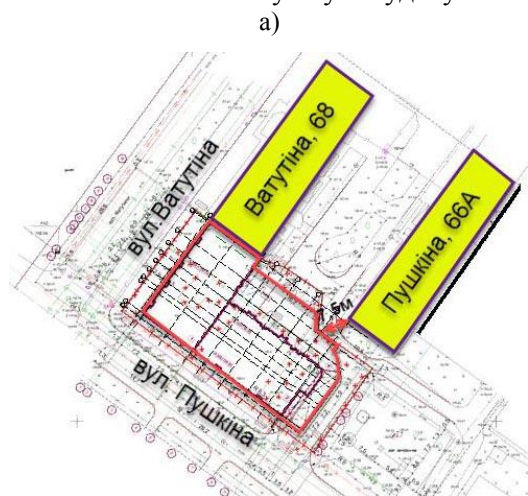


Рис. 5. Ситуаційна схема майданчика:
а) в плані; б) в просторі; в) схема огороження котловану

Стадійність робіт поблизу будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 (рис. 6 і 7).

Вдавлювання паль новобудови з земної поверхні до розкриття котловану. Влаштувають вертикальні елементи огороження котловану за його контуром, крім зони біля існуючої будівлі.

Відкопування «піонерного» котловану поблизу будівлі (до глибини 1,8 м для зменшення навантажень на розпірну систему огороження котловану). З його дна влаштувалися лідерні свердловини на проектну глибину котловану і потім вертикальне занурення двотаврів № 30 з кроком 1 м на глибину 10...12 м.

Розкриття котловану на проектну глибину під захистом ґрунтової берми з проектним укосом понад 45° довжиною 3,2 м (до межі ростверків в осі «Л» новобудови) в основі та 0,5 м на поверхні від огороження. За верхнім контуром котловану влаштувають обв'язувальну балку.

Зведення ростверків нової будівлі в осі «Л». Після набору міцності бетоном цих ростверків монтують підкоси, які одним боком спираються в закладну деталь нових ростверків, а іншим – в обв'язувальну балку (обов'язково так, щоб підкос попав на вертикальну шпунтову палю). Ґрунтову берму поступово прибирають і влаштувають на її місці фундаменти і підземні несучі елементи нової будівлі. Навантаження від огороження частково сприймають фундаменти новобудови.

Закінчують стрічковий ростверк вздовж огороження котловану, влаштувають підлогу паркінгу, що виконує роль розпірної конструкції в рівні дна котловану. Підкоси не прибирають, стіну паркінгу зводять до рівня обв'язувальної балки, влаштувають зворотню засипку між стіною та огороженням котловану. Після цього можливо прибрати розпірну систему, завершити вертикальні елементи паркінгу (стіни, колони) і виконувати перекриття паркінгу. Навантаження від огороження котловану та існуючої будівлі передається на підземну раму новобудови.

Стадійність робіт поблизу будівлі по вул. Пушкіна, 66А.

Вдавлювання паль новобудови з земної поверхні до розкриття котловану. За контуром котловану влаштувають вертикальні елементи огороження. Відкопують котлован, залишаючи берму для стійкості огороження з укосом понад 45° шириною 3 м в основі і 2 м висотою. На глибині 2,4 м від поверхні влаштувають обв'язувальну балку з двотаврів.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

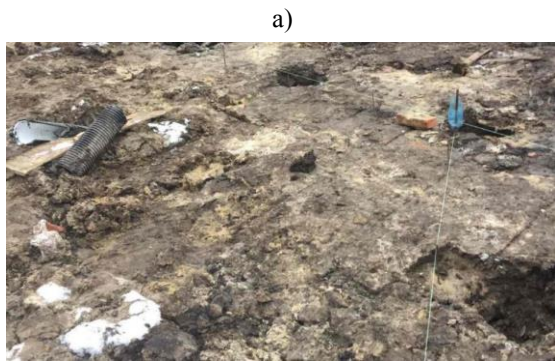


Рис. 6. Роботи з улаштування котловану новобудови поблизу існуючої будівлі:
а) палі, задавлені на проектні позначки з земної поверхні до розкриття котловану; б) формування ґрунтової берми біля будівлі; в) встановлення об'язувальної балки огороження котловану; г) монтаж підкошу між об'язувальною балкою та новим ростверком

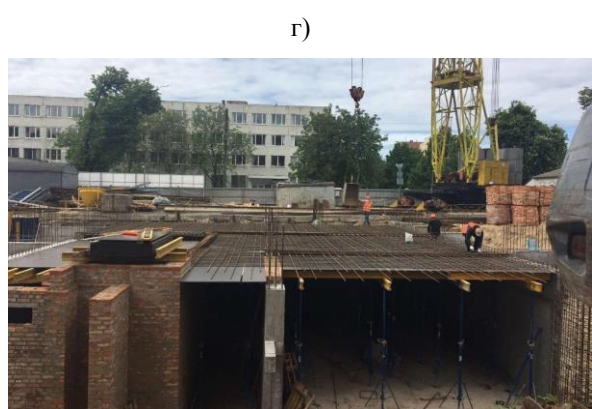
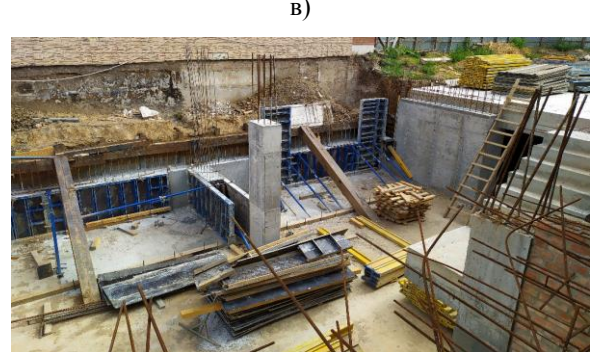


Рис. 7. Роботи з улаштування котловану новобудови поблизу існуючої будівлі:
а) захист берми від замокання; б) улаштування підлоги паркінгу до ґрунтової берми; в) улаштування стін до низу об'язувальної балки; г) розкладання арматури перед заливкою плити перекриття над паркінгом

1. Зводять окремі ростверки новобудови в зоні котловану на проектній позначці в осі «Л». З набором бетону міцності монтують підкоси, які одним боком спираються в закладну деталь у ростверках, а іншим – в обов'язувальну балку. Берму поступово прибирають і захватками вздовж огороження зводять фундаменти.

2. Влаштовують підлогу паркінгу і залізобетонну стіну за його периметром до низу підкоосу, а також зворотну засипку між стіною та огороженням котловану. Після набору міцності бетоном підкоси прибирають і завершують бетонування стін та інших залізобетонних елементів підземної частини.

Такі заходи і стадійність робіт мінімізують вплив нового будівництва на існуючі будівлі на всіх стадіях робіт зі зведення підземної частини новобудови. За розрахунками впливу нового будівництва на стадіях розробки котловану і зведення підземних конструкцій новобудови додаткові осідання існуючих будівель не перевищать 10 мм (для будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 – 8 мм, а по вул. Пушкіна, 66А – 8,5 мм).

Отже, аналітичними розрахунками і моделюванням НДС системи «грунтова основа – існуючі фундаменти з надземною частиною будівлі та інженерні мережі – огороження котловану і виїмка ґрунту на різних етапах його влаштування» доведено коректність проектних рішень з розробки котловану поряд з існуючою забудовою в разі чіткого дотримання стадійності й технології робіт, а також заходів зі збереження природних характеристик ґрунтів. Крім того, встановлено характерні значення можливих (проектних) деформацій основ фундаментів існуючих будівель на різних етапах влаштування поряд котловану.

Інструментальні вимірювання за марками проводили паралельно з автоматизованим моніторингом і технічним наглядом в процесі будівництва. Мінімальну періодичність циклів геодезичних вимірювань вказано в табл. 1. Розміщення датчика крену подано на рис. 8. Зняття відліків за ним виконували відповідно до стадій робіт біля будівлі по вул. Ватутіна, 9/68, а також за запитом проектувальника для аналізу впливу робіт на стан будівлі. Періодичність циклів вимірювань деформацій будівель також визначає стадійність робіт. Певні результати цього моніторингу подано в табл. 2.

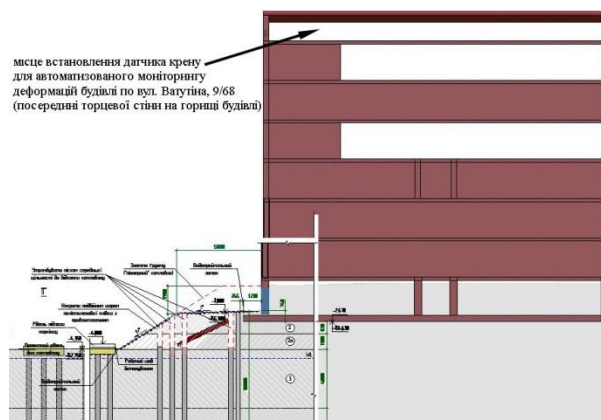


Рис. 8. Схема розміщення датчика крену (УІД)

Приклади графічного представлення даних моніторингу з використанням датчика крену подано на рис. 9 (сумарний з моменту встановлення напрямок і величина зміщення датчика) і рис. 10 (швидкість переміщень і крен з моменту встановлення датчика).



Рис. 9. Напрямок і величина зміщення датчика крену з моменту встановлення (до 25.09.2020 р.)

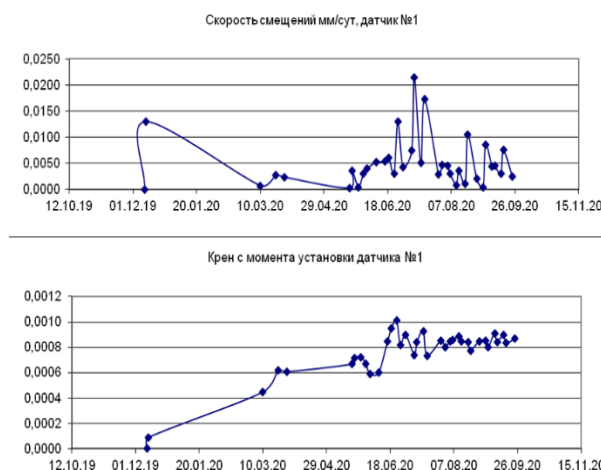
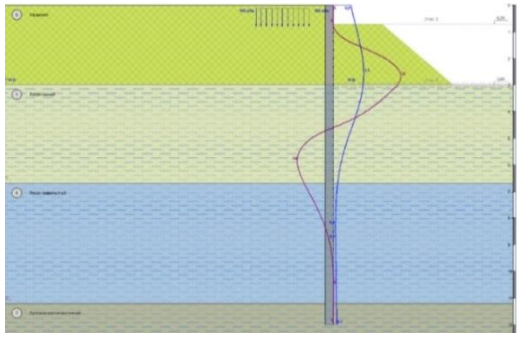
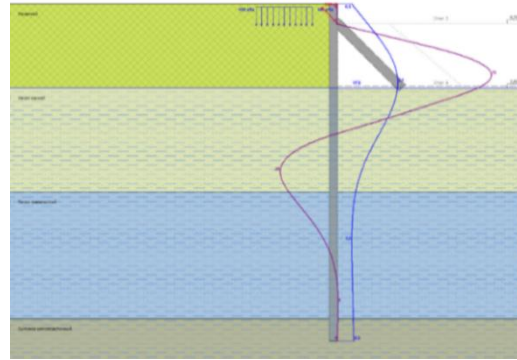
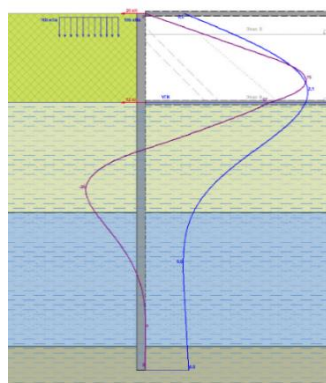


Рис. 10. Швидкість переміщень і крен з моменту встановлення датчика (до 25.09.2020 р.)

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Таблиця 1

Узагальнені етапи моніторингу при зведенні житлової будівлі

Етап	Назва робіт і заходів із моніторингу. Зображення етапу будівництва. Періодичність*
1.	<p>1.2. Моніторинг протягом забезпечення стійкості огороження ґрунтовою бермою до моменту монтажу підкосу, прибирання берми</p> <p>1.2.1. Вимірювання додаткових осідань існуючих будівель, зняття даних з датчику крену</p> <p>1.2.2. Аналіз результатів вимірювання, коригування проектних рішень огороження котловану (за необхідності)</p> <p>1 цикл спостережень до початку робіт, 1 цикл після робіт з формування берми</p> 
2.	<p>2.1. Моніторинг у процесі зведення фундаментів поблизу огороження і розпирання огороження підлогою паркінга</p> <p>2.1.1. Вимірювання додаткових осідань існуючих будівель, зняття даних з датчику крену</p> <p>2.1.2. Аналіз результатів вимірювання, коригування проектних рішень огороження котловану (за необхідності)</p> <p>1 цикл після розробки берми і встановлення обв'язувальної балки та підкосу, 1 цикл після розробки берми</p> 
3.	<p>3.1. Моніторинг у процесі розпирання огороження в рівні перекриття паркінгу</p> <p>3.1.1. Вимірювання додаткових осідань існуючих будівель, зняття даних з датчику крену</p> <p>3.1.2. Аналіз результатів вимірювання, коректування проектних рішень (за необхідності)</p> <p>1 цикл після монтажу підземних конструкцій і зняття підкосу з передачею навантажень на підземні конструкції новобудови</p> 
4.	<p>4.1. Моніторинг під час зведення основного каркасу новобудови</p> <p>4.1.1. Вимірювання додаткових осідань існуючих будівель, зняття даних з датчику крену</p> <p>4.1.2. Аналіз результатів вимірювання, коректування проектних рішень (за необхідності)</p> <p>Звіт за результатами перевірки відповідності проектних рішень реальним умовам робіт, нагляду за дотриманням технології робіт. Надання рекомендацій щодо усунення дефектів і пошкоджень. Відпрацювання окремих технологічних рішень, пов'язаних із реальними умовами робіт. Відпрацювання, за необхідності, конструктивних рішень окремих вузлів з урахуванням конкретних умов робіт. Звіт за даними вибіркового дослідження якості матеріалів при влаштуванні покрівлі.</p> <p>Кожні 2 поверхи, але не рідше, ніж 1 раз на місяць</p>
5.	<p>5.1. Моніторинг під час першого року експлуатації</p> <p>5.1.1. Вимірювання додаткових осідань існуючих будівель</p> <p>Зведений звіт з моніторингу технічного стану будівель 1 раз на квартал протягом півроку</p>

*Кількість циклів спостережень може бути збільшена при виявленні надмірних деформацій за даними автоматизованого моніторингу чи погіршенні технічного стану конструкцій існуючої будівлі

Результати автоматизованого моніторингу

Дата зняття відліку	Величина зміщень, мм	Рррост за останній період вимірів, мм	Швидкість зміщень, мм/доб	Крен від моменту встановлення датчиків	Вертикальне переміщення за останній вимір, мм	Вертикальне переміщення за час спостережень, мм	Крен, град	Зміщення, град	Зміщення по х, мм	Зміщення по у, мм
25.11.2019	0	0	0	0,00000	0,00	0,00	0	0	0	0
11.12.2020	0,013	0,013	0,001	0,00009	0,04	0,04	0,005	-123,4	-0,007	-0,011
10.03.2020	0,067	0,061	0	0,00044	0,20	0,25	0,025	177,5	-0,067	0,003
22.03.2020	0,093	0,033	0,003	0,00062	0,11	0,36	0,036	-168,2	-0,091	-0,019
29.03.2020	0,091	0,016	0,002	0,00061	0,05	0,41	0,035	-178,3	-0,091	-0,003
19.05.2020	0,1	0,011	0	0,00067	0,04	0,45	0,038	-174,4	-0,100	-0,010
21.05.2020	0,107	0,007	0,003	0,00071	0,02	0,47	0,041	-175,0	-0,106	-0,009
26.05.2020	0,108	0,002	0	0,00072	0,01	0,48	0,041	-174,1	-0,108	-0,011
30.05.2020	0,1	0,012	0,003	0,00066	0,04	0,52	0,038	-169,9	-0,098	-0,018
02.06.2020	0,088	0,012	0,004	0,00059	0,04	0,56	0,034	-172,2	-0,087	-0,012
09.06.2020	0,09	0,036	0,005	0,00060	0,12	0,68	0,034	164,6	-0,087	0,024
16.06.2020	0,127	0,037	0,005	0,00085	0,13	0,80	0,048	167,6	-0,124	0,027
19.06.2020	0,142	0,018	0,006	0,00094	0,06	0,87	0,054	172,1	-0,140	0,019
23.06.2020	0,152	0,012	0,003	0,00101	0,04	0,90	0,058	174,4	-0,151	0,015
26.06.2020	0,123	0,039	0,013	0,00082	0,13	1,03	0,047	163,3	-0,118	0,036
30.06.2020	0,135	0,017	0,004	0,00090	0,06	1,09	0,052	168,9	-0,133	0,026
07.07.2020	0,111	0,052	0,007	0,00074	0,17	1,27	0,042	147,4	-0,094	0,060
09.07.2020	0,126	0,043	0,021	0,00084	0,14	1,41	0,048	166,8	-0,123	0,029
14.07.2020	0,139	0,025	0,005	0,00093	0,08	1,49	0,053	176,1	-0,139	0,010
17.07.2020	0,11	0,052	0,017	0,00073	0,17	1,67	0,042	156,0	-0,101	0,045
28.07.2020	0,128	0,031	0,003	0,00085	0,10	1,77	0,049	168,1	-0,125	0,026
31.07.2020	0,12	0,014	0,005	0,00080	0,05	1,82	0,046	163,0	-0,114	0,035
04.08.2020	0,127	0,018	0,005	0,00085	0,06	1,88	0,049	170,7	-0,126	0,021
06.08.2020	0,129	0,006	0,003	0,00086	0,02	1,90	0,049	168,2	-0,126	0,026
11.08.2020	0,133	0,004	0	0,00089	0,01	1,91	0,051	168,2	-0,13	0,027
13.08.2020	0,127	0,007	0,003	0,00084	0,02	1,94	0,048	168,4	-0,124	0,025
18.08.2020	0,126	0,005	0,001	0,00084	0,02	1,95	0,048	170,9	-0,125	0,020
20.08.2020	0,116	0,021	0,01	0,00078	0,07	2,02	0,044	162,3	-0,111	0,035
27.08.2020	0,127	0,014	0,002	0,00085	0,05	2,07	0,049	166,9	-0,124	0,029
01.09.2020	0,128	0,002	0	0,000854	0,006033	2,08	0,049	167,6	-0,125	0,028
03.09.2020	0,12	0,017	0,009	0,000803	0,057667	2,13	0,046	160,5	-0,113	0,040
08.09.2020	0,136	0,022	0,004	0,000904	0,072982	2,21	0,052	167,5	-0,132	0,029
10.09.2020	0,126	0,009	0,005	0,000842	0,031415	2,24	0,048	168,2	-0,124	0,026
15.09.2020	0,135	0,015	0,003	0,000899	0,049247	2,29	0,051	173,4	-0,134	0,015
17.09.2020	0,125	0,015	0,008	0,000832	0,051572	2,34	0,048	168,3	-0,122	0,025
25.09.2020	0,13	0,017	0,002	0,000868	0,056828	2,40	0,050	175,5	-0,13	0,010

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Таким чином, у процесі моніторингу технічного стану існуючої забудови проведено 36 циклів вимірювань деформацій будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 системою автоматизованого моніторингу та 5 циклів (включно з нульовим) геодезичних вимірювань осідань основ будівель по вул. Ватутіна, 9/68 і по вул. Пушкіна, 66А. Так, зокрема, системою автоматизованого моніторингу встановлено, що максимальні вертикальні деформації (зміщення датчика) склали близько 2,5 мм, а максимально досягнуті значення крену становлять 0,001.

Крен будівлі на різних етапах проведення робіт має змінний характер як за напрямком, так і за швидкістю наростання чи затухання. При цьому значення крену досягнули 67 % від максимально допустимих 0,0015.

Проведені цикли геодезичних спостережень показують, що максимально досягнуті осідання для будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 склали до 4 мм, а для будівлі по вул. Пушкіна, 66А – 12 мм. Досягнуті величини осідань основ фундаментів існуючих будівель не перевищили максимально допустимих 2 см для будівлі по вул. Ватутіна, 9/68, і на 2 мм перевищили допустиме значення в 1 см для будівлі по вул. Пушкіна, 66А, що не є критичним для її технічного стану.

Максимальні значення осідань для будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 зафіксовано 12.06.2020 р. і досягло 9 мм (45 % від гранично допустимих), а для об'єкту по вул. Пушкіна, 66А – 13 мм (130 % від гранично допустимих) на 07.07.2020 р. Максимальні величини осідань відповідали найбільш небезпечним стадіям робіт, тобто зніманню ґрунтової берми й інтенсивному відкачуванню ґрунтової та дощової води з дна котловану для забезпечення можливості зведення ростверків і підлоги паркінгу.

Відповідно до звернення мешканців будівлі по вул. Ватутіна, 9/68 було обстежено технічний стан кв. 14 (другий поверх будівлі), в результаті якого виявлено нові тріщини в рустах (зачеканеному шві) між плитами перекриття (візуально ширина розкриття тріщин не перевищує 0,5 мм). За словами мешканців ці дефекти виникли орієнтовно в квітні 2020 р. Під час повторного обстеження (23.09.2020 р.) виявлено декілька нових аналогічних тріщин. Цей ефект пояснюється неякісно влаштованими плитами перекриття над кв. 14 і будь-які впливи на будівлю чи динамічні впливи на підлогу в квартирі вище призводять до подібних тріщин.

Ці дефекти не впливають на надійність будівлі та її безаварійну експлуатацію. Для візуального приховування дефекту доцільно виконати підвісну стелю, бо для повного його уникнення потрібно затампоновувати русти.

Додаткові осідання основ фундаментів існуючих будівель можна пояснити сукупністю наступних факторів:

- технологічними процесами в безпосередній близькості до будівлі (відкопування ґрунту, монтаж огороження котловану, тощо);

- несвоєчасним виконанням робіт з закріплення котловану підкосами та обов'язувальними балками (при цьому частина ґрунту захисної берми відкопана);

- підтопленням котловану при інтенсивних опадах у травні й на початку червня 2020 р., внаслідок чого спостерігалось істотне підняття рівня підземних вод і подальше замокання лесованих ґрунтів основи захисної берми;

- часткове замокання тіла ґрунтової берми внаслідок неякісного її накриття протягом нетривалого часу;

- тривале відкачування води з дна котловану для забезпечення можливості виконання технологічних операцій сприяло проявам механічної суфозії.

На 25.09.2020 р. зафіксовані деформації не збільшуються, що дозволяє говорити про їх стабілізацію. За даними огляду конструкцій будівель погіршення їх технічного стану не зафіксовано (крім вже вищевідзначених дефектів).

Було рекомендовано продовжити моніторинг технічного стану будівель до завершення будівельних робіт по об'єкту за адресом Пушкіна, 68 з періодичністю інструментальних вимірювань 1 раз на кожні 2 нові поверхи новобудови, але не рідше 1 разу на місяць. Всі етапи проведення моніторингу технічного стану будівель з рекомендаціями щодо виконання робіт зафіксовано актами моніторингу.

Фото новобудови на етапі зведення її надземної частини наведено на рис. 11.

Наукова новизна та практична значимість

Удосконалено та впроваджено в геотехнічну практику комплексну систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження котловану новобудови, більш глибокого, ніж рівень підшви фундаментів існуючої навколишньої забудови.



Рис. 11. Фото новобудови на етапі її зведення (станом на 25.11.2020 р.)

Висновки

Отже, на достатньо характерному натурному об'єкті (багатоквартирний будинок на палях) розроблено й апробовано систему геотехнічного моніторингу з улаштування огороження котловану новобудови глибшого за рівень підшови фундаментів існуючої навколишньої забудови. Отримані при цьому нові дані щодо деформацій будівель зі стрічковими фундаментами на замкній лесованій основі, які попали в зону впливу котловану, на різних стадіях улаштування його огороження довели можливість мінімізувати до нормативних вимог вплив новобудови за рахунок конструктивно-технологічного рішення огороження та стадійності розкриття котловану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Akçakal, O., Koçak, B., Veilşglu, N., Sevim, O., & Kulaç, H. F. (2022). Decision process for selection of the toe improvement pattern in retaining structures – Case studies. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society, 2, 4111-4114.
- Briaud, J.-L. (2013). *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*. London: Wiley.

- Chang-Yu Ou. (2006). *Deep Excavation. Theory and Practice*. London: CRC Press.
- EN 1990:2002/A1:2005/AC (2010). *Eurocode: Basis of Structural Design*. The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC.
- Katzenbach, R., Leppla, S., Seip, M., & Kurze, S. (2015). Value Engineering as a basis for safe, optimized and sustainable design of geotechnical structures. *Proc. of the XVI European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development*, 601-606.
- Kitazume, M. & Terashi, M. (2013). *The Deep Mixing Method*. CRC Press. Balkema, Leiden.
- Pinto, A., Fartaria, C., Pita, X. & Tomásio, R. (2017). FPM41 high rise building in central Lisbon: innovative solutions for a deep and complex excavation. *Proc. of the 19th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Seoul: COEX. 2029-2032.
- Poulos, H. G. (2017). *Tall building foundation design*. Boca Raton: CRC Press.
- Zotsenko, M., & Vynnykov, Yu. (2020). Base deformation's features during deep foundation pit excavation. *Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2(55)', 76-81.
- Kryvosheiev, P., Farenjuk, G., Tytarenko, V., et al. (2017). Innovative projects in difficult soil conditions using artificial foundation and base, arranged without soil excavation. *Proc. of the 19th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 3007-3010.
- Nguyen, V.-H., & Nikiforova, N. (2018). The choice of soil models in design of deep excavation in soft soils of Viet Nam. *MATEC Web of Conferences*, 251, N 04033.
- SzilvÁgyi, Z., & Varga, O. (2022). 3D Finite element analysis of a deep excavation: a case study from Budapest. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society. V. 2. 985-990.
- Yeow, H-C. (2022). Case histories of deep excavation in London Clay and limit states design in accordance with Eurocode 7 using advanced soil model. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society, 2, 1031-1036.
- Zotsenko, N. L., & Vinnikov, Y. L. (2016). Long-Term Settlement of Buildings Erected on Driven Cast-In-Situ Piles in Loess Soil. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 53(3), 189-195.
- Винников, Ю. Л. & Манжалій, С. М. (2020). Удосконалення геотехнічного моніторингу підсилення деформованої будівлі на пальовому фундаменті. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 18, 28-39.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

ДБН В.2.1-10:2018 (2018). *Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення*. Київ: Мінрегіон України.

ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 (2017). *Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель та споруд*. Київ: ДП «УкрНДНЦ».

ДСТУ Б В.2.1-30:2014 (2015). *Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд*. Київ: Мінрегіон України.

ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014 (2015). *Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд*. Київ: Мінрегіон України.

Ильичев, В. А. & Мангушев, Р. А. (2014). *Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения*. Москва: АСВ.

YU. L. VYNNYKOV^{1*}, M. O. KHARCHENKO², D. A. YERMOLENKO³, M. K. AKOPIAN⁴

^{1*} Department «Drilling and Geology», National university «Yuri Kondratyuk Poltava polytechnic», Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (067) 256 42 86, e-mail vynnykov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2164-9936

² Department «Drilling and Geology», National university «Yuri Kondratyuk Poltava polytechnic», Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (097) 173 07 70, e-mail kharchenkomo@ukr.net, ORCID 0000-0002-1621-2601

³ Department «Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings», National university «Yuri Kondratyuk Poltava polytechnic», Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (066) 450 33 49, e-mail yeda@ukr.net, ORCID 0000-0001-6690-238X

⁴ Department «Architecture and Urban Construction», National university «Yuri Kondratyuk Poltava polytechnic», Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (099) 986 19 78, e-mail armenia3579@gmail.com, ORCID 0000-0002-5271-6639

GEOTECHNICAL MONITORING OF ARRANGEMENT OF THE EXCAVATION OF NEW BUILDING NEAR EXISTING BUILDINGS

Object. To improve and test the complex geotechnical monitoring system for the arrangement of the excavation of the newly constructed pit, which is deeper than the level of the sole of the foundations of the existing surrounding buildings. **Method.** Normative methods of inspection of a technical condition of bearing building designs, their bases and the bases; modeling of the stress-strain state of the system «soil massive – existing foundations with superstructure and engineering networks – excavation at different stages of its construction»; long-term geodetic observations of the deformations of residential brick buildings with foundations on a natural basis, which are in the zone of influence of the excavation of the new building; methods of mathematical statistics for processing the results of experiments. **Results.** A geotechnical monitoring system was developed and tested on a typical natural object for the arrangement of the enclosure of the newly constructed excavation, which is deeper than the level of the sole of the foundations of the existing surrounding buildings; geodetic observations were made of the deformations of buildings with strip foundations on a soaked loess base, which are in the zone of influence of the excavation of the new building, at various stages of the construction of its enclosure. **Scientific novelty.** New research data were obtained on the deformations of buildings with strip foundations on a soaked loess base, which are in the zone of influence of the excavation of the new building, at various stages of the installation of its enclosure; analysis of the stress-strain state of the system «soil massive – existing foundations with superstructure and engineering networks – excavation at different stages of its construction»; the complex system of geotechnical monitoring has been improved for the arrangement of the excavation of the newly constructed pit, which is deeper than the level of the sole of the foundations of the existing surrounding buildings. **The practical significance.** An effective structural-technological solution for the arrangement of the enclosure of the built-up pit, deeper than the level of the sole of the foundations of the existing surrounding buildings, has been improved and implemented into geotechnical practice for the conditions of dense buildings, with minimal costs and a negative impact on the surrounding buildings due to the staged excavation, and the corresponding methodology geotechnical monitoring.

Keywords: excavation; soaked loess base; spread foundation; pile foundation; settlement; engineering status of the building; excavation shoring; geotechnical monitoring

REFERENCES

- Akçakal, O., Koçak, B., Veilsğlu, N., Sevim, O., & Kulaç, H. F. (2022). Decision process for selection of the toe improvement pattern in retaining structures – Case studies. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society, 2, 4111-4114. (in English)
- Briaud, J.-L. (2013). *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*. London: Wiley. (in English)
- Chang-Yu Ou. (2006). *Deep Excavation. Theory and Practice*. London: CRC Press. (in English)
- EN 1990:2002/A1:2005/AC (2010). *Eurocode: Basis of Structural Design*. The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC. (in English)
- Katzenbach, R., Leppla, S., Seip, M., & Kurze, S. (2015). Value Engineering as a basis for safe, optimized and sustainable design of geotechnical structures. *Proc. of the XVI European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development*, 601-606. (in English)
- Kitazume, M. & Terashi, M. (2013). *The Deep Mixing Method*. CRC Press. Balkema, Leiden. (in English)
- Pinto, A., Fartaria, C., Pita, X. & Tomásio, R. (2017). FPM41 high rise building in central Lisbon: innovative solutions for a deep and complex excavation. *Proc. of the 19th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Seoul: COEX. 2029-2032. (in English)
- Poulos, H. G. (2017). *Tall building foundation design*. Boca Raton: CRC Press. (in English)
- Zotsenko, M., & Vynnykov, Yu. (2020). Base deformation's features during deep foundation pit excavation. *Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2(55)', 76-81. (in English)
- Kryvosheiev, P., Farenjuk, G., Tytarenko, V., et al. (2017). Innovative projects in difficult soil conditions using artificial foundation and base, arranged without soil excavation. *Proc. of the 19th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 3007-3010. (in English)
- Nguyen, V.-H., & Nikiforova, N. (2018). The choice of soil models in design of deep excavation in soft soils of Viet Nam. *MATEC Web of Conferences*, 251, N 04033. (in English)
- SzilvÁgyi, Z., & Varga, O. (2022). 3D Finite element analysis of a deep excavation: a case study from Budapest. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society. V. 2. 985-990. (in English)
- Yeow, H.-C. (2022). Case histories of deep excavation in London Clay and limit states design in accordance with Eurocode 7 using advanced soil model. *Proc. of the 20th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Sydney: Australian Geomechanics Society, 2, 1031-1036. (in English)
- Zotsenko, N. L., & Vinnikov, Y. L. (2016). Long-Term Settlement of Buildings Erected on Driven Cast-In-Situ Piles in Loess Soil. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 53(3), 189-195. (in English)
- Vynnykov, Yu. L. & Manzhaliy, S. M. (2020). Udoskonalennia heotekhnichnoho monitorynhu pidsylenia deformatsionoi budivli na palovomu fundamenti. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 18, 28-39. (in Ukrainian)
- DBN V.2.1-10:2018 (2018). *Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Osnovni polozhennia*. Kyiv: Minrehion Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.1.2-17:2016 (2017). *Nastanova shchodo naukovo-tekhnichnoho monitorynhu budivel ta sporud*. Kyiv: DP «UkrNDNTs». (in Ukrainian)
- DSTU B V.2.1-30:2014 (2015). *Grunty. Metody vymiriuvannia deformatsii osnov budynkiv i sporud*. Kyiv: Minrehion Ukrainy. (in Ukrainian)
- DSTU-N B V.2.1-32:2014 (2015). *Nastanova z proiektuvannia kotlovaniv dlia ulashtuvannia fundamentiv i zahlyblenykh sporud*. Kyiv: Minrehion Ukrainy. (in Ukrainian)
- Ilichev, V. A. & Mangushev, R. A. (2014). *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnye sooruzheniya*. Moskva: ASV. (in Russian)

Надійшла до редколегії 20.07.2022.

Прийнята до друку 01.09.2022.