



Doi: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>

УДК 627.26:624.131



ИЩЕНКО Ю.І.

Завідувач лабораторії,
Державне підприємство
«Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: ischenko@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (050) 415-37-34
ORCID: 0000-0001-6046-8180



СЛЮСАРЕНКО Ю.С.

Канд. техн. наук, старший нау-
ковий співробітник, заступ-
ник директора, Державне
підприємство «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: slus@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (044) 249-72-40
ORCID: 0000-0002-0447-3927



МЕЛАШЕНКО Ю. Б.

Канд. техн. наук, завідувач
відділу, Державне підприє-
мство «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: melashenko@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (044) 249-37-61
ORCID: 0000-0001-9270-6649



ЯКОВЕНКО М.С.

Завідувач лабораторії Державне
підприємство «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: yakovenko122mi@gmail.com
тел.: +38 (093) 613-53-19
ORCID: 0000-0001-7800-8166



БЕНЬ І.В.

Інженер І-ї категорії, Державне
підприємство «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: agamer1@meta.ua
тел.: +38 (093) 443-91-38
ORCID: 0000-0003-3386-5433

ГЕОТЕХНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

АННОТАЦІЯ

В останні роки значно зросла увага громадськості та наукових установ до проблеми моніторингу довкілля. Це пов'язано зі збільшенням з кожним роком техногенного навантаження людини на довкілля і, в першу чергу, на геологічне середовище, а також необхідністю на новому, більш високому організаційному і технічному рівні, вирішувати завдання пов'язані з його змінами. Останні дані моніторингових спостережень свідчать про тенденцію до активізації цього негативного природно-техногенного процесу в просторово-часовому масштабі і збільшення, в першу чергу, площ підтоплення, а також просідання, зсувних та інших небезпечних явищ. Відповідно, в процесі експлуатації будівель, під впливом вищевказаних чинників, змінюється напружено-деформований

стан системи «основа-фундамент-верхня будова». У багатьох випадках це призводить до пошкодження будівельних конструкцій, виникнення аварійних ситуацій і істотного зниження надійності будівель. Сьогодні в Україні понад 11 000 житлових будинків перебувають в аварійному стані.

Наведено два приклади геотехнічного моніторингу: облаштування «стіни в ґрунті» та протизсувних споруд. Спеціально розроблена програма моніторингу включала: геодезичний інструментальний контроль деформацій будівель навколишньої забудови і конструкцій будівлі, що реконструюється; системні спостереження за деформаціями конструкцій в процесі відкопування котловану і будівництва, з влаштуванням інклінометричних систем спостере-



жень, деформаційних маяків і геодезичних марок; спостереження за коливанням рівня ґрунтових вод при будівництві; спостереження за осіданнями деформаційних маяків, зміною ширини розкриття тріщини в конструкціях будинків навколишньої забудови; інженерно-геологічний моніторинг із забезпеченням підтвердження фізико-механічних характеристик ґрунтів несучого (опорного) шару пальових фундаментів і паль підсилення. Геотехнічний моніторинг дозволив забезпечити збереження існуючої історичної забудови в зоні впливу зведення «стіни в ґрунті» та протизсувних споруд, виключити ризик виникнення аварійних ситуацій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: геотехнічний моніторинг, проектні та натурні данні, стіна в ґрунті, чисельне моделювання.

GEOTECHNICAL MONITORING IN THE CONDITIONS OF RESTRAINED URBAN DEVELOPMENT

ABSTRACT

In recent years, there has been a sharp increase in public and scientific attention to environmental monitoring. This is due to the increase of man-made load on the environment and, first and foremost, the geological environment, as well as the need for new, higher organizational and technical level to solve the problems related to its changes. Recent monitoring data indicate a tendency to the intensification of this negative natural-technogenic process on a spatial-temporal scale and the increase, first of all, of the areas of flooding, as well as of subsidence, landslides and other dangerous phenomena. Accordingly, during the of buildings operation, under the above factors influence, the corresponding new stress-strain state of the "base-foundation-upper structure" system changes. In many cases, this leads to damage to building structures, emergencies and a significant decrease in the buildings reliability. Today in Ukraine 11000 dwellings are in a state of disrepair. There are two examples of geotechnical monitoring: the wall-to-ground arrangement and landslides. The specially developed monitoring program included: the geodetic control of deformations of the surrounding buildings and structures of the reconstructed building; the systematic structure deformations observation in the process of the pit excavation and construction, with the installation of inclinometric sensors, deformation beacons and geodetic marks; the groundwater level fluctuation observation during construction; the observation of the state of the deformation beacons installed on the cracks of the surrounding development buildings; the engineering-geological monitoring to ensure confirmation of the physical and mechanical characteristics of the bearing (support) layer soil of pile foundations and of reinforcement piles. The geotechnical monitoring made it possible to preserve the existing historical building in the area of influence of the "wall in the ground" and landslide protection structure erection and to eliminate the risk of emergencies.

KEYWORDS: Geotechnical monitoring, design and field

data, soil wall, numerical modeling.

ПЕРЕДВСТУП

Будівництво та експлуатація будівель і споруд на території України, в більшості випадків, ведеться в складних інженерно-геологічних умовах [1-2]. До категорії складних ґрунтових умов відносяться території, де в результаті розвитку деформаційних або динамічних процесів в ґрунтах виникає небезпека пошкодження або руйнування будівель. Понад 80 % території України представлені складними інженерно-геологічними умовами. До складних умов відносяться райони залягання ґрунтів з особливими властивостями (що просідають – 70 % території, набухають, біогенні, мули, елювіальні, засолені, насипні); з можливим розвитком небезпечних геологічних процесів (зсуви – зафіксовано понад 130 тис. зсувів, карсти – 60 % території охоплює процес карстоутворення); території, що підроблюються, підтоплюються і ін. території, а також сейсмічні райони площею понад 120 тис. км² або 20 % території.

Активне освоєння підземного міського простору (будівництво паркінгів, метрополітену та інших промислових і соціальних об'єктів під землею) порушує природний гідрогеологічний режим. Штучні перешкоди на шляху руху ґрунтових вод викликають підйом рівня ґрунтових вод включно з підтопленням. У результаті підвальні приміщення виявляються затопленими, прискорюється корозія арматури бетонних конструкцій, скорочується термін служби будинків, в яких не забезпечуються санітарні норми їхньої експлуатації. Це розповсюджене явище в Україні. Окремий аспект – відставання від графіку або затримка будівельно-монтажних робіт після влаштування котловану. Внаслідок цього ґрунти, на яких зводиться фундамент, виявляються неодноразово промороженими, що знижує їх будівельні властивості. Але споруди були запроектовані на початкові, більш високі фізико-механічні показники ґрунтів, тому проморожені та деградовані ґрунти можуть не витримати необхідного навантаження.

Існуюча щільна забудова в кожному випадку нового будівництва може створити ризик ушкодження або порушення нормальної експлуатації існуючих будинків, внаслідок впливу таких факторів [3]:

I. Порушення ґрунтів основи при проведенні робіт із влаштування котловану.

II. Додаткові напруження в активній зоні основи внаслідок додаткових навантажень.

III. Динамічні навантаження на основу будинків внаслідок влаштування огорожувальних конструкцій котловану (шпунтового огороження, паль).

IV. Деструктивні процеси в ґрунтах: ерозія, суфозія, промерзання, осідання, зміна гідрогеологічних умов і т. д.).

V. Вібраційні й динамічні навантаження від роботи будівельної й транспортної техніки.

VI. Вплив будівельної й транспортної техніки, а особливо вантажопідйомної техніки.



VII. Порушення нормальних умов інсоляції, вентиляції, інженерного забезпечення, благоустрою існуючих будинків.

На рис. 1 показано як можуть виникати провали ґрунту в умовах щільної міської забудови [4]. Позиції рисунка наведені нижче:

1. Колодязь, в який з будівельного котловану перекачується вода, що надходить до нього. В результаті деформації самого колодязя вода надходить назад, в порожнину провалу, що формується.
2. Відкачування з будівельного котловану води з під вуличної, і можливо, підбудинкової порожнини.
3. Витоки води з водопроводів, що лопнули, та інших комунікацій в зоні провалу, що формується.
4. Небезпечний відтік води утворює порожнину і тим самим прискорює обваллення перевантаженої асфальтом і транспортним потоком території на значній площі.
5. Порожнина під частиною вулиці (або – поряд з краєм стіни будинку), що не провалилася, поряд з краєм котловану уздовж його слабко закріпленої стіни в ґрунті.
6. Окремі порожнини, які ще не включені в загальний процес формування провалу.
7. Ґрунтові водонесучі шари новосформовані геологічні канали.
8. Осідання стіни будівлі і вертикальні розривні тріщини, що сигналізують про підземний геологічний процес під об'єктом.
9. Зменшення товщини стелі можливої порожнини й прогинання в неї деформованої фундаментної плити.
10. Можлива порожнина процесу провалоутворення.
11. Водостічні-дренажні колектори, у тому числі підземні ріки, узяті в підземні бетонні тубінги або цеглу. Тут відбувається порушення за рахунок загальної усадки товщі ґрунту.
12. Труби напірного водопроводу на головних магістралях і чисельні введення – врізки в будинковий водопровід, каналізаційні колектори з накопичувачами з підвальних стояків.
13. Вертикальні труби в ґрунті, що кріплять стінки котловану.
14. Котлован з фундаментом майбутньої будівлі.

Основними причинами виникнення аварійних ситуацій при будівництві в складних інженерно-геологічних умовах є:

- невірна оцінка інженерно-геологічних умов майданчика будівництва;
- зниження технічного рівня проектування, будівництва будівель і споруд;
- невиконання науково-технічного супроводу на стадіях проектування і будівництва об'єкту, у т. ч. моніторингу будівельного об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу;

- порушення (невиконання) правил експлуатації будівель і споруд;
- об'єднання разом вищезгаданих факторів, що представляє собою ланцюговий ефект сукупності цих факторів;
- інші додаткові фактори.

ВСТУП

Ґрунтові конструкції відносяться до числа найдавніших, і ґрунт є найбільш використовуваним будівельним матеріалом. Однак аж до середини минулого століття проектування базувалося переважно на накопиченому досвіді, а найбільш важливу роль при проектуванні споруд грали будівельні технології. В даній статті основну увагу приділено геотехнічному моніторингу відповідно до Єврокода 7, де особлива увага приділяється аналізу геотехнічних даних, що використовуються для проектування [5]. Це визначається тим фактом, що нескельні і скельні ґрунти створені природою, а не людиною. Природні властивості завжди складні, що тягне за собою підвищений ризик на стадіях проектування і будівництва. Перш за все, це відноситься до складності геотехнічних досліджень, проектування і контролю, що впливає на величину геотехнічного ризику.

Основна відмінність між ґрунтовими та іншими геотехнічними конструкціями пов'язана з етапом контролю. Для фундаментних конструкцій під час моніторингу контролюють якість поверхні підстилаючого ґрунту, і відхилення від очікуваних значень в фізико-механічних властивостях (далі – ФМВ) ґрунту (стосовно геологічної моделі та частково – до геотехнічної), що може призвести до відповідних змін у проекті. Аналогічно треба застосовувати моніторинг до підземних конструкцій і котлованів, оскільки при виїмці ґрунту геологічна модель перевіряється на відповідність фактичним даним.

У 1961 р. в своїй статті «Минуле і майбутнє прикладної механіки ґрунтів» огляд аварій і катастроф, що все ще виникають, незважаючи на застосування методів сучасної механіки ґрунтів, К. Терцагі пояснює їх або недостатнім обсягом і якістю інженерно-геологічної інформації, отриманої при вишукуваннях, або ж недоліками в техніці і методиці відбору зразків і їх випробувань. Характерне визнання К. Терцагі: «Коли я опублікував книгу «Будівельна механіка ґрунтів», я ще не усвідомлював тієї невизначеності, яка пов'язана з інтерпретацією результатів буріння, а мої методи випробування були ще дуже примітивні. Тому я сам пройшов через період, протягом якого моя діяльність може бути охарактеризована як «зловживання механікою ґрунтів». Я і зараз ще дивуюся, коли згадую сміливі висновки, які я в той час робив на підставі дослідів, проведених на примітивних приладах над недостатньою кількістю, та до того ж ще й порушених зразках. ... Я тільки зараз дізнався про великий вплив методики відбору зразків та випробувань на одержувані результати» [6].

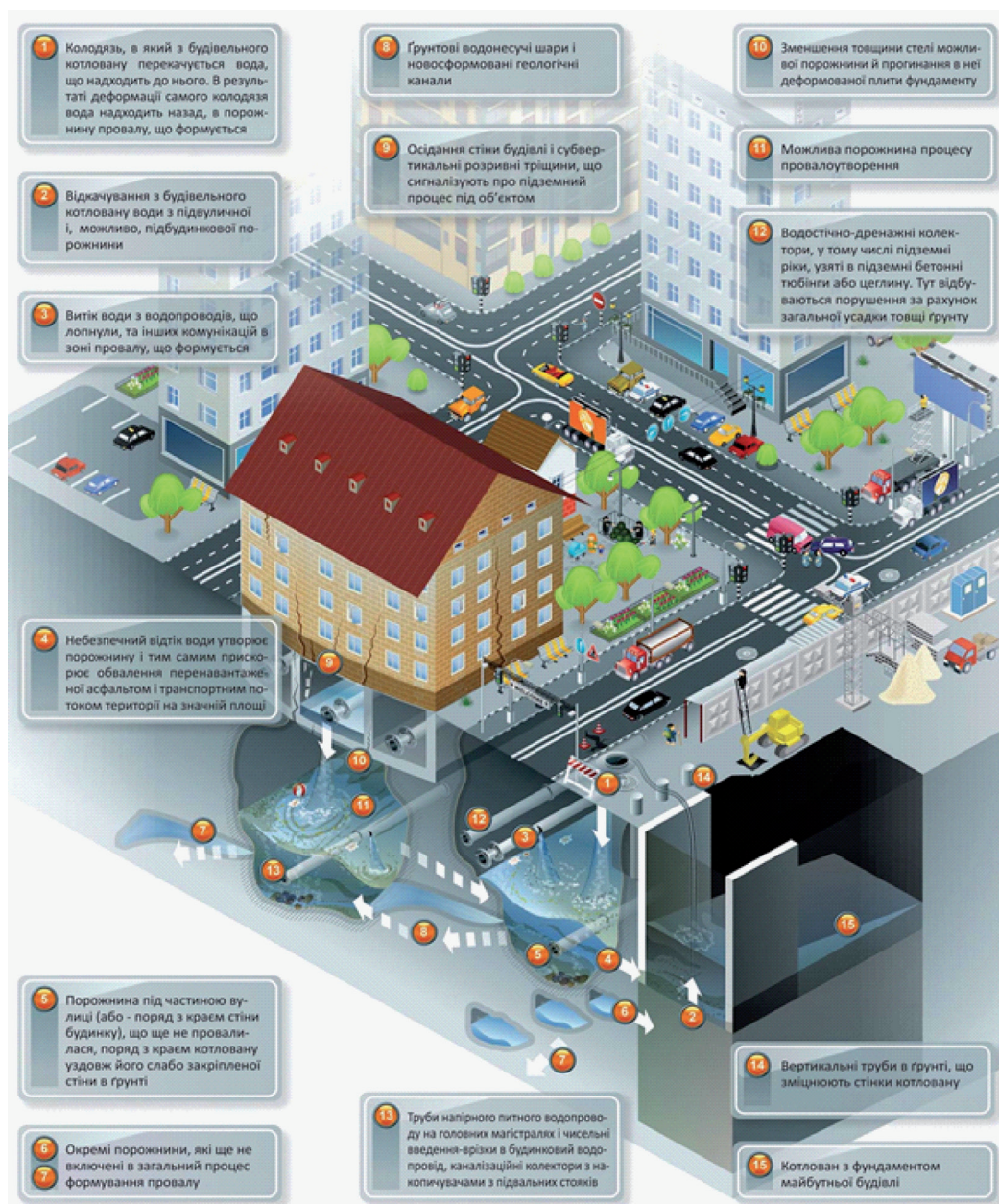


Рисунок 1 – Виникнення провалів ґрунту в умовах щільної міської забудови [5])

Поглиблення наукового розуміння ґрунтових відмов зможе забезпечити уточнене картографування зсувонебезпечних зон та оцінку їх руйнівного потенціалу. Ця інформація повинна бути надана у виразній формі та масштабі, що сприятиме прийняттю рішень. Першим етапом автоматизованого дослідження ґрунтових відмов стали різноманітні системи моніторингу, які, переважно, виконували роль збору інформації про досліджуваний об'єкт або явище.

Термін «моніторинг» походить від англійського дієслова «to monitor» (контролювати, перевіряти) або французького «monitore» (круговий огляд, показчик). У різних видах наукової і практичної діяльності людини здавна застосовується метод спостереження – способу пізнання, заснований на відносно тривалому, цілеспрямованому і планомірному сприйнятті предметів і явищ навколишньої діяльності [7]. Блискучі

зразки організації спостережень за природою описані ще в першому столітті н. е. в «Природній історії Гая Секунда Плїнія (старшого)». 37 томів, що містять відомості з астрономії, фізики, географії, зоології і т. п. служили найбільш повною енциклопедією до епохи середньовіччя [8].

Існує безліч визначень систем моніторингу в різних областях науки і техніки, наведемо визначення згідно документа fib [9]: «Моніторинг – це часто повторювані або безперервні планові довгострокові спостереження або вимірювання будівельних умов або дій».

Необхідність моніторингу прописана в ряді вітчизняних нормативних документів, наприклад у розділі 5 ДБН В.1.1-46:2017 «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення» [10], потребує здійснювати постійне спостереження за станом зсувних та зсувонебезпечних територій, у тому числі:



- інструментальні спостереження за вертикальними і горизонтальними зміщеннями поверхні схилів, а також регулярні огляди і періодичні обстеження будівель, споруд, інженерних та транспортних комунікацій, що розміщені на схилах і на відстані до 200 м від краю схилу;
- спостереження за напружено-деформованим станом конструкцій будівель і споруд;
- спостереження за зміщеннями по горизонталі в рівнях поверхонь ковзання на зсувних схилах;
- спостереження за рівнем і хімічним складом ґрунтових вод;
- спостереження за величинами зсувного тиску.

До останнього часу неможливо було відповісти на два фундаментальних запитання «Де і коли можуть статися зсуви?» і «Як їх уникнути або пом'якшити наслідки?».

В статті [8] сформульовано новий науковий напрямок в дослідженні ґрунтових (зсувних) небезпек – «Інтегрована методологія для систем раннього попередження ґрунтових (зсувних) небезпек», яка гармонійно об'єднує експериментальні моніторингові дослідження зсувонебезпечних ділянок з застосуванням сучасних датчиків та приладів, що працюють в on-line режимі з всеосяжним математичним моделюванням напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в межах динамічного сценарного аналізу вірогідних подій [11].

1. Нормативна і методологічна база створення моніторингових систем технічного діагностування будівельних конструкцій. За останні 10–15 років в Україні було приділено увагу як нормативно-методичному забезпеченню, так і практичній реалізації моніторингових систем в будівництві. За цей час був розроблений ряд нормативних документів, в яких в тій чи іншій мірі відображені питання моніторингу:

- ДБН В.1.2-5:2007. «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» [12].
- ДБН В.1.2-12:2008. «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки» [4].
- ДБН В.1.2-14:2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд будівельних конструкцій та основ» [13].

Згідно з діючими нормативними документами, при проектуванні, будівництві та експлуатації будівель і споруд повинен здійснюватися їх науково-технічний супровід [17].

Науково-технічний супровід будівельних об'єктів – це діяльність, спрямована на вирішення нестандартних завдань і використовує, як правило, нові наукові знання і передовий досвід будівництва. Основною метою науково-технічного супроводу є підтримка будівництва особливих і унікальних будівельних об'єктів з відмінними від звичайних властивостями і параметрами, а також складних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах.

Одним з основних видів робіт при науково-

технічному супроводі будівельного об'єкта є моніторинг його технічного стану. Для забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд необхідна поточна інформація про деформації і напруження, що виникають в будівельних конструкціях. Об'єкти класу наслідків (відповідальності) ССЗ, руйнування яких може призвести до катастрофічних наслідків, необхідно додатково оснащувати автоматизованими системами моніторингу та управління [12].

За останні роки в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК) приділяється багато уваги як нормативно-методичному забезпеченню, так і практичній реалізації моніторингових систем. Все це слугувало основою для нового підсумкового нормативного документу ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 «Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд» [15]. Стандарт розроблено для розвитку комплексу стандартів на системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Цей документ увібрав в себе всі основні методичні вказівки та розробки з науково-методологічного обґрунтування, проектування та експериментального відпрацювання моніторингових систем в будівництві. Документ [15] розроблено в гармонійній відповідності до документів fib [9]. Так в ньому, як в і документі fib, класифікація моніторингових систем в будівництві однакова.

У розвиток ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 [16] авторами статті дорацьована програма геотехнічного моніторингу.

Приклад 1. Програма геотехнічного моніторингу. Програма повинна включати характеристики об'єкта будівництва (його конструктивні особливості), короткі відомості про інженерно-геологічну будову ділянки забудови.

Мета геотехнічного моніторингу полягає в наступному:

- спостереження за поведінкою ґрунтів і ґрунтових вод для верифікації проектних припущень;
- складання даних по кожному способу виконання будівельно-монтажних робіт (контроль якості земляних робіт, контроль якості бентонітового розчину, контроль якості арматури і арматурних робіт, контроль якості бетону та бетонних робіт, ін.);
- раннє попередження несприятливих впливів;
- складання даних, отриманих на кожній стадії виконання будівельно-монтажних робіт;
- складання даних, пов'язаних з перевищенням критеріїв безпечного ведення робіт, завдяки чому можуть застосовуватися методи виправлення і відновлення;
- складання даних для свідоцтва безпеки виробництва робіт;
- контроль процесів виконання робіт для того, щоб їх вплив на навколишню забудову був мінімальними.

У загальному випадку при геотехнічному



моніторингу можна виділити два етапи: підготовчий та робочий.

На підготовчому етапі геотехнічного моніторингу виконуються такі роботи:

- аналіз вихідної інформації за результатами обстеження технічного стану навколишньої забудови (діагностика технічного стану навколишньої забудови в зоні впливу будівельно-монтажних робіт і дії системи моніторингу);
- фіксація дефектів, графічна фіксація і фотозйомка, складання дефектних відомостей;
- визначення фонових параметрів коливальності ґрунту і конструкцій будівель від наявних впливів автомобільного транспорту, трамваїв, метро, сусідніх виробництв і т. п., визначення кренів стін будівель, нерівномірності в осіданнях будівель і т. п.;
- установка геодезичних марок з прив'язкою до міської реперної мережі;
- установка маяків і датчиків розкриття тріщин;
- установка п'єзометрів (режимних свердловин) для спостережень за рівнем ґрунтових вод (в першу чергу, для випадків, коли дно котловану знаходиться нижче рівня ґрунтових вод);
- уточнення проектних критеріїв по рівню допустимих впливів;
- в найбільш складних і відповідальних випадках додатково встановлюють ґрунтові геодезичні марки і марки для вимірювання пошарових деформацій, датчики порогового тиску, месдозни вертикальних і горизонтальних напружень.

На робочому етапі геотехнічного моніторингу здійснюють:

- вимір можливих переміщень огорожувальних конструкцій (при влаштуванні котловану);
- візуальний контроль технічного стану будівель і споруд навколишньої забудови;
- контроль стану маяків і датчиків на тріщинах;
- геодезичні вимірювання деформацій навколишніх будинків і споруд;
- геодезичні вимірювання горизонтальних зсувів, крену і осідань огорожувальних стін, а також осідання і деформації підземних і наземних комунікацій;
- вимірювання деформацій і напружень в оточуючих ділянці будівництва ґрунтах після будівництва протягом не менше двох років;
- вимірювання ґрунтового тиску на огорожувальні стінки котловану;
- фіксація рівня ґрунтових вод з використанням п'єзометрів;
- контроль дотримання геотехнічного регламенту робіт;
- технічний контроль стану зведених конструкцій;
- контроль якості виконаних робіт відповідно до вимог нормативних документів, у т. ч. контроль влаштування монолітних конструкцій;
- для найбільш складних випадків необхідно проводити моніторинг вищезгаданих показників за

допомогою контрольно-вимірювальної апаратури в on-line режимі.

Програма геотехнічного моніторингу при виконанні будівельно-монтажних робіт повинна бути ув'язана із загальною програмою моніторингу об'єкта, що будується або реконструюється. Роботи з геотехнічного моніторингу повинні бути розпочаті до виконання будівельно-монтажних робіт (включаючи захисні заходи) і тривати протягом, як правило, двох років після закінчення зведення будівлі, що має підземну (заглиблену) частину. Для унікальних будівель, що мають розвинену підземну частину, термін проведення моніторингу може бути збільшений.

Приклад 2. Геотехнічний моніторинг протизсувних споруд в м. Києві. В ДП НДІБК виконані науково-технічні роботи по забезпеченню безпеки технічних рішень на ряді об'єктів. До таких об'єктів слід віднести будівлі, що межують із ділянкою реконструкції транспортної розв'язки на Поштової площі в Подільському районі м. Києва (рис. 2). Необхідність робіт обумовлена потребою оцінки впливу будівництва на прилеглі будівлі. Для цього у квітні 2015 року на прилеглих будівлях була встановлена спостережна станція, взятий нульовий відлік та розпочатий окремий вид геотехнічного моніторингу – геодезичний моніторинг.

Мета моніторингу:

- визначення величин та характеру осідань фундаментів будівель, що межують з будівельним майданчиком;
- визначення величин та характеру розвитку тріщин в конструкціях будівель, що межують з будівельним майданчиком;
- визначення величин та напрямків горизонтальних переміщень ростверку огороження котловану.

Моніторингові дослідження проводились протягом тридцяти двох місяців (квітень 2015...листопад 2017 р.). Порядок, організація та забезпечення робіт під час виконання інструментальних вимірів здійснювались відповідно до вимог чинних нормативних документів [10].

Коротка характеристика об'єктів спостережень.

Спостереження проводяться за будівлями, що межують із ділянкою реконструкції транспортної розв'язки на Поштової площі в Подільському районі м. Києва. До об'єктів спостережень належать такі будівлі: 1) адміністративна будівля КП «Київпастранс» на Набережному шосе, 2; 2) пам'ятка архітектури «Поштовий будинок» на Поштової площі, 2; 3) церква Різдва Христового на Поштової площі, 4; 4) готель на Володимирському узвозі, 3/17.

У зв'язку з обмеженістю обсягу статті розглянемо реалізацію геодезичного моніторингу тільки на будівлі № 2 на Набережному шосе, яка являє собою в осях 1–5 триповерхову, а в осях 5–11 – чотириповерхову будівлю, що в плані наближена до прямокутника. Має максимальні розміри в плані 65.0 ×



17.0 м та висоту більше 15 м. За конструктивною схемою – будівля з неповним каркасом (в осях 1–5), безкаркасна (в осях 5–11) з поздовжніми несучими стінами. Фундаменти – цегляні стрічкові (під стінами) неглибокого закладення та стовпчасті (під колонами). Стіни – цегляні, на цементно-піщаному розчині. Зовнішні стіни мають різну товщину, яка досягає 1.2 м. Внутрішні стіни товщиною до 650 мм. Перекриття – залізобетонні. Покрівля – двоскатна, кров'яна.

Організація інструментальних інженерно-геодезичних спостережень. Організація спостережень за деформаціями фундаментів будівлі виконувалась в такій послідовності:

- вибір конструкції, місць розташування та установки вихідних геодезичних знаків висотної основи;
- здійснення висотної прив'язки вихідних геодезичних знаків;
- встановлення осадкових марок на конструкціях будівлі, за якою ведуться спостереження;
- інструментальні вимірювання вертикальних переміщень осадкових марок;
- опрацювання і аналіз результатів спостережень.

При виконанні спостережень за осіданням фундаментів будівель влаштовується не менше трьох вихідних реперів для забезпечення взаємного контролю стійкості їх відміток. Висотні положення реперів були визначені з мінімально можливою граничною помилкою.

Всього у вихідну висотну мережу включено 7 реперів. Така їх кількість забезпечує необхідну точність визначення осідань, прийняту в нашому випадку ± 0.5 мм для найбільш віддаленої від вихідного реперу марки. Для визначення вертикальних переміщень фундаментів будівель безпосередньо на них були встановлені осадкові марки (рис. 3).

Марки служать постійними знаками для встановлення на них рейки під час нівелювання, при цьому

конструкція марки забезпечує можливість установки рейки при повторному нівелюванні на одну й ту ж фіксовану точку. Для визначення величин осадок будівель були використані металеві осадкові марки з кулеподібною головкою.

Довжина марок, які використовуються, повинна забезпечувати необхідну жорсткість в залежності від вильоту марки з площини стіни. Виліт марки повинен забезпечувати встановлення рейки строго у вертикальному положенні за показниками інтегрованого рідинного рівня. Усього на будівлях, що межують із ділянкою реконструкції транспортної розв'язки на Поштової площі закладено 49 осадкових марок.

Виконання спостережень за осіданнями фундаментів будівель. Вимірювання вертикальних переміщень фундаментів будівель здійснювались методом геометричного нівелювання II класу точності.

Для виконання вимірювань осідань фундаментів будівель використовувався високоточний цифровий нівелір SDL 30 виробництва фірми «Sokkia» та кодова рейка з інварною стрічкою. Нівелювання марок виконувалось за наміченими в проєкті ходами, щоразу за однією й тією ж схемою, щоб в значній мірі позбутися впливу систематичних похибок на заміряні величини. Перед кожним циклом спостережень особлива увага зверталась на перевірку основної геометричної умови нівеліра: візирна вісь і вісь циліндричного рівня повинні бути паралельні.

Похибка визначення перевищення на одній станції не перевищувала в середньому 0.1–0.3 мм, нев'язка ходів не перевищувала величини, вирахованої за формулою:

$$f_{\Delta H} = \pm 0.5 \sqrt{n}$$

в якій n – кількість станцій в ході.

Опрацювання результатів інженерно-геодезичних спостережень за осіданнями фундаментів будівель. По закінченню польових робіт з вимірів деформацій фундаментів будівель і перевірки журналів виконувалось камеральне опрацювання отриманих результатів та їх оцінка. Виконувалось точне зрівнювання нівелірної мережі параметричним методом. Вирівнювання виконувалося в 2 етапи. На першому етапі проводилось врівноважування вузлових точок за методом проф. Попова. Ваги ходів вираховувались по кількості штативів в ході. На другому етапі проводилось врівноважування відміток окремих точок



Рисунок 2 – Ситуаційний план розташування будівель, що межують із ділянкою реконструкції на Поштової площі.



існуючих ходів. Величина осідання фундаментів будівель під кожною деформаційною маркою обчислюється як різниця між відмітками цієї марки, отриманої в останньому циклі вимірів, і відміткою, отриманою в першому циклі вимірів. За результатами спостережень за осіданнями фундаментів будівлі складається відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень осадових марок, встановлених на будівлі.

Проведення інструментальних інженерно-геодезичних вимірювань змін ширини розкриття тріщин. Марки за конструкцією та принципом їх встановлення бувають двох типів: марка з анкером та марка безанкерна. При дослідженні даної споруди використовувались лише марки з анкером. Схема розташування спостережних марок, установлених на конструкціях будівлі, представлена на рис. 4.

Спостереження за розкриттям тріщин виконувались з використанням різних вимірювальних пристроїв, які дають змогу одержати як якісні, так і кількісні показники розвитку тріщин. Спостережна станція являє собою визначену кількість спостережних пар марок із кольорового металу, установлених на конструкціях будівлі (кожна з пари марок по обидва боки тріщини), а також переносного приладу (компаратора) для зняття показань величин деформацій.

Для зняття відліків використано вимірювач деформацій «SDM 50/500» (компаратор). Прилад оснащений індикатором годинникового типу з ціною поділки 0.01 мм. Межа вимірів змін ширини розкриття тріщин – до 10 мм. Комплект штанг на приладі дає змогу проводити виміри розкриття тріщин на базі 50, 100, 200, 300, 400 та 500 мм.

Закріплена на базі змінна ніжка служить для фіксації вибраної довжини. Обидві ніжки знизу мають кулеподібну поверхню. Вони контактують з конічними заглибленнями (гніздами) на спостережних марках,

установлених по обидва боки від тріщини. Незначні (до ± 0.20 мм) зміни ширини розкриття тріщин можуть бути викликані зміною температури довкілля. Так при підвищенні температури повітря існуючі тріщини в будинках закриваються, внаслідок температурного розширення матеріалів несучих конструкцій та перегорожок. При зниженні температури – розкриваються.

Результати виконаних робіт та їх аналіз. За період інструментальних спостережень з 02 квітня 2015 року по 14 листопада 2017 року (957 днів) виконано 45 циклів визначення деформацій будівель, що межують із ділянкою реконструкції транспортної розв'язки на Поштовій площі в м. Києві в будівлі № 2 по Набережному шосе, будівель №№ 2. З них 44 цикли виконано в 2015 році, і один – контрольний цикл в 2017 році (рис.5).

Визначення планових зміщень ростверків огороження котловану не виконувалося, оскільки було прийняте рішення перейти від розпірної системи утримуючих споруд до системи «up down» і закладена в ростверку спостережна станція була накрита плитою перекриття.

На грудень 2017 р. на будівельному майданчику було виконано верхнє перекриття на позначці +106.50 м та завершені опоряджувальні роботи на ньому. Земляні роботи по розробці ґрунту під перекриттям доведені до позначки +100.00 м і тимчасово не виконуються.

За весь час спостережень зафіксовано такі деформації будівлі № 2 по Набережному шосе:

- зафіксовано вертикальні переміщення осадових марок №№ к2...к17 та к23 величиною від –2 до –3 мм, по решті осадових марок не зафіксовано вертикальних переміщень, які б перевищували похибку вимірювань (± 2 мм). Для наочності характеру розвитку в часі осідань фундаментів будівлі, за отриманими в ході вимірювань дани-

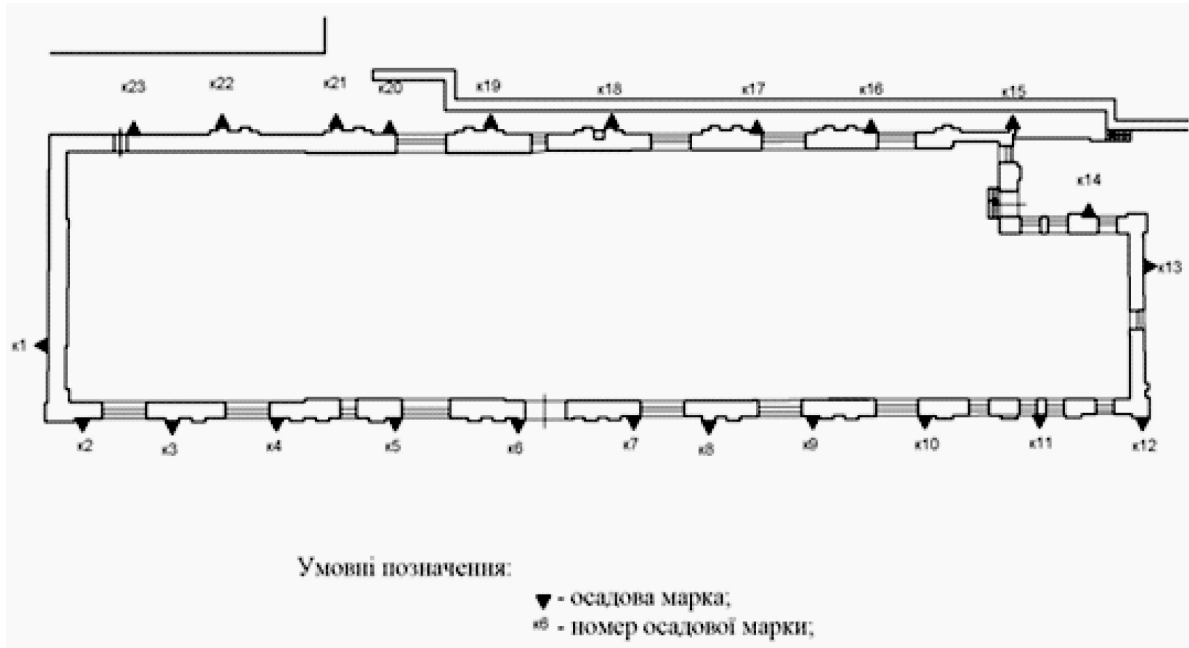


Рисунок 3 – Схема розташування осадових марок



ми побудовано графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадкових марок, встановлених на будівлі – рис. 5.;

- приріст ширини розкриття тріщини Т-4 становить +0.44 мм, зміни ширини розкриття решти тріщин не перевищують ± 0.25 мм. Для зручності аналізу розвитку тріщин в конструкціях будівлі за отриманими в ході спостережень даними побудовано графік змін в часі ширини розкриття тріщин – рис. 5.

Термін інструментальних спостережень за деформаціями будівель, що межують із ділянкою реконструкції транспортної розв'язки на Поштової площі в м. Києві, а саме: будівлі № 2 по Набережному шосе, будівель №№ 2 та 4 на Поштової площі, будівлі № 3/17 на Володимирському узвозі – 32 місяці (з 02 квітня 2015 року по 14 листопада 2017 року). За цей період виконано 45 циклів вимірювань. З них 44 цикли виконано в 2015 році, і один – контрольний цикл в 2017 році. В грудні 2017 р. на будівельному майданчику було виконано верхнє перекриття на позначці +106.50 м та завершені опоряджувальні роботи на ньому. Земляні роботи по розробці ґрунту під перекриттям доведені до позначки +100.00 м і тимчасово не виконуються.

Отримані в ході спостережень дані дають змогу зробити наступні висновки по будівлі № 2 по Набережному шосе. Зафіксовано незначні (від 2 до 3 мм) осідання фундаментів будівлі. Згідно таблиці Б.2 ДБН В.2.1-10:2018 [3] гранично допустимі деформації основ фундаментів (осідання) становлять 15 мм. Зафіксовані за період спостережень (957 днів) осідання величиною до 3 мм не перевищують гранично допустимих, від впливу нового будівництва. Зміни ширини розкриття тріщин в конструкціях будівлі більшістю незначні за величиною, в межах ± 0.20 мм.

Виключенням є тріщина, на якій встановлено пару марок Т-4 (+0.44 мм).

Приклад 3. Геотехнічний моніторинг «стіни в ґрунті» (рис.7). «Стіна в ґрунті» є високоефективним способом огорожі ділянки будівництва підземних частин будівель в складних гідрогеологічних умовах при щільній міській забудові. У зв'язку з цим до нього пред'являються підвищені вимоги з точки зору забезпечення збереження навколишньої області міської забудови, що примикає до області будівництва. Зведення «стіни в ґрунті» зводить до мінімуму порушення ґрунтового середовища, запобігає забрудненню повітряного басейну, поверхневих і ґрунтових вод, забезпечує стійкість розташованих поблизу будівель, їх фундаментів та інженерних комунікацій. А також практично виключає осідання ґрунтового масиву і поверхні землі, розташованої за межами «стіни в ґрунті».

Геотехнічний моніторинг в процесі улаштування «стіни в ґрунті» дозволяє попередити розвиток несприятливих факторів при влаштуванні «стіни в ґрунті» в умовах існуючої забудови. Він включає в себе цілий комплекс інструментальних вимірювань, що дають можливість здійснювати on-line контроль за станом будівельних конструкцій навколишньої забудови в процесі влаштування «стіни в ґрунті» з метою забезпечення безпеки та відповідності технологічним регламентами, вимогам нормативних документів.

Геотехнічний моніторинг після зведення «стіни в ґрунті» дозволяє і далі оперативно оцінювати технічний стан і забезпечувати збереження зведення нових конструкцій в огороженій «стінами в ґрунті» області, зі своєчасним виявленням дефектів, забезпечувати безаварійне виконання будівельно-монтажних робіт на всіх її етапах. Дає можливість оцінювати відповідність проектних даних фактич-

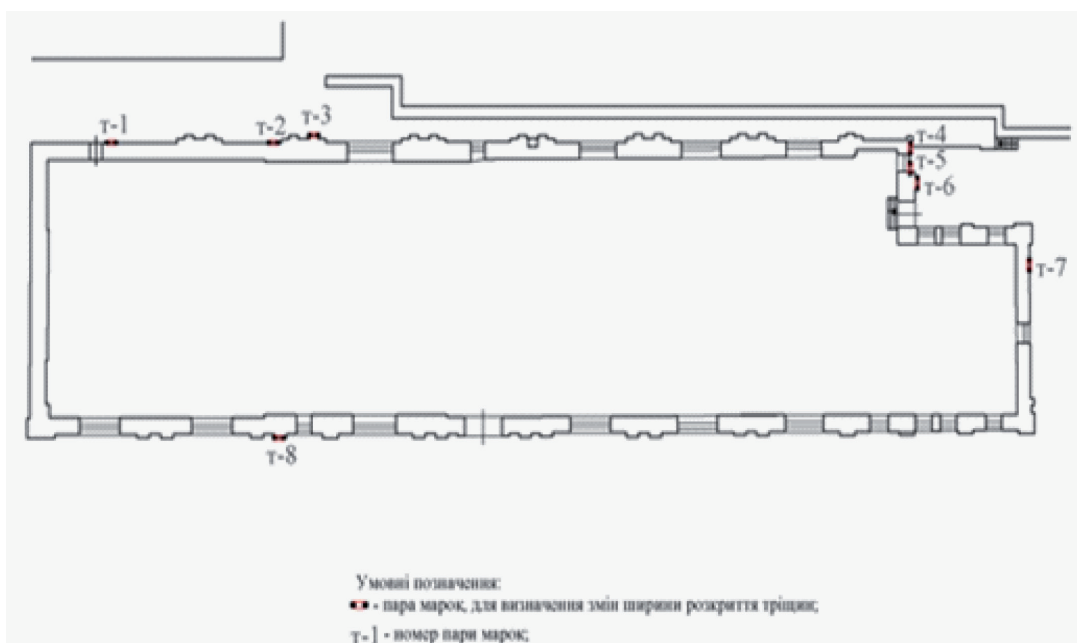


Рисунок 4 – Схема розташування пар марок по визначенню змін ширини розкриття тріщин в конструкціях будівлі КП «Київпаstrанс»

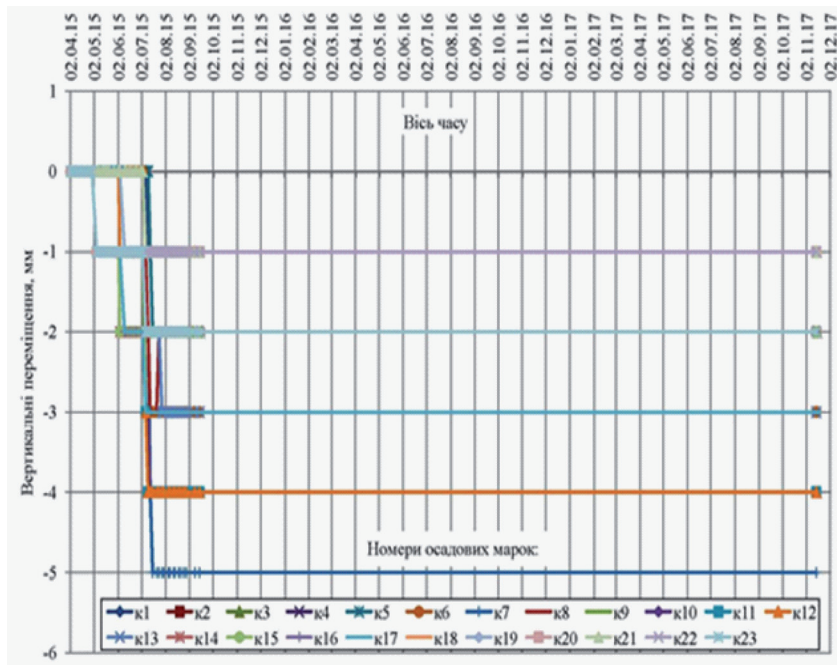


Рисунок 5 – Графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадкових марок, встановлених на будівлі № 2 по Набережному шосе

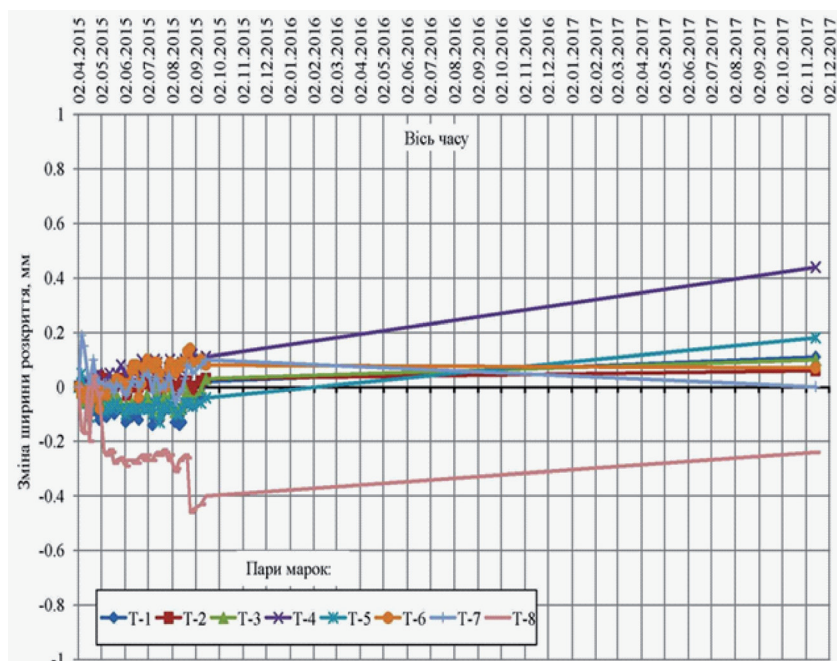


Рисунок 6 – Графік змін в часі ширини розкриття тріщин в конструкціях будівлі № 2 по Набережному шосе

ним деформаціям і напруженням, що виникають в конструкціях, знижувати вартість і тривалість будівництва за рахунок оптимізації і коригування проектно-технологічних рішень [17-18].

Основною метою геотехнічного моніторингу при влаштуванні «стіни в ґрунті» є забезпечення безпеки об'єкта будівництва довкілля при проведенні

геотехнічних і будівельно-монтажних робіт.

В процесі виконання робіт по влаштуванню «стіни в ґрунті» в комплексі з іншими будівельними роботами (виконання захисних заходів, відкопування котловану, проходка тунелю і ін.) слід виконувати геотехнічний моніторинг, що включає наступний набір і види робіт:

I. Вимірювання можливих переміщень огорожувальних конструкцій (при влаштуванні котловану);

II. On-line вимірювання переміщень основних несучих конструкцій існуючих будівель або споруд з оперативними попередніми висновками і прогнозами про зміну їх технічного стану;

III. On-line спостереження за станом ґрунтового масиву, що оточує майданчик будівництва;

IV. On-line моніторинг гідро-геологічних умов майданчика.

Як приклад застосування геотехнічного моніторингу «стіни в ґрунті» в публікаціях розглянуті організація і проведення робіт на будівельних майданчиках, розташованих в історичному центрі Санкт-Петербурга (реконструкція будівлі під готель з організацією підземного простору на вул. Правди, 10 [16] (рис.7)).

Проектом реконструкції історичної будівлі під готель передбачалося влаштування в його збереженій частини підвального поверху і заглиблення дворової частини будівлі з метою організації підземного простору для розміщення технічних приміщень. Згідно з проектом реконструкції на об'єкті було передбачено відкопування котловану глибиною до 5.2 м, що потребувало виконання геотехнічного обґрунтування і розрахунку з визначенням зон впливу будівництва

на навколишню міську забудову. З огляду на те, що частина будівлі зберігається для забезпечення стійкості існуючих будівель і виключення розвитку додаткових осідань під фундаментами будинків поблизу будівельного майданчика, було прийнято добре перевірене часом конструктивне рішення, що поєднує влаштування захисної конструкції з

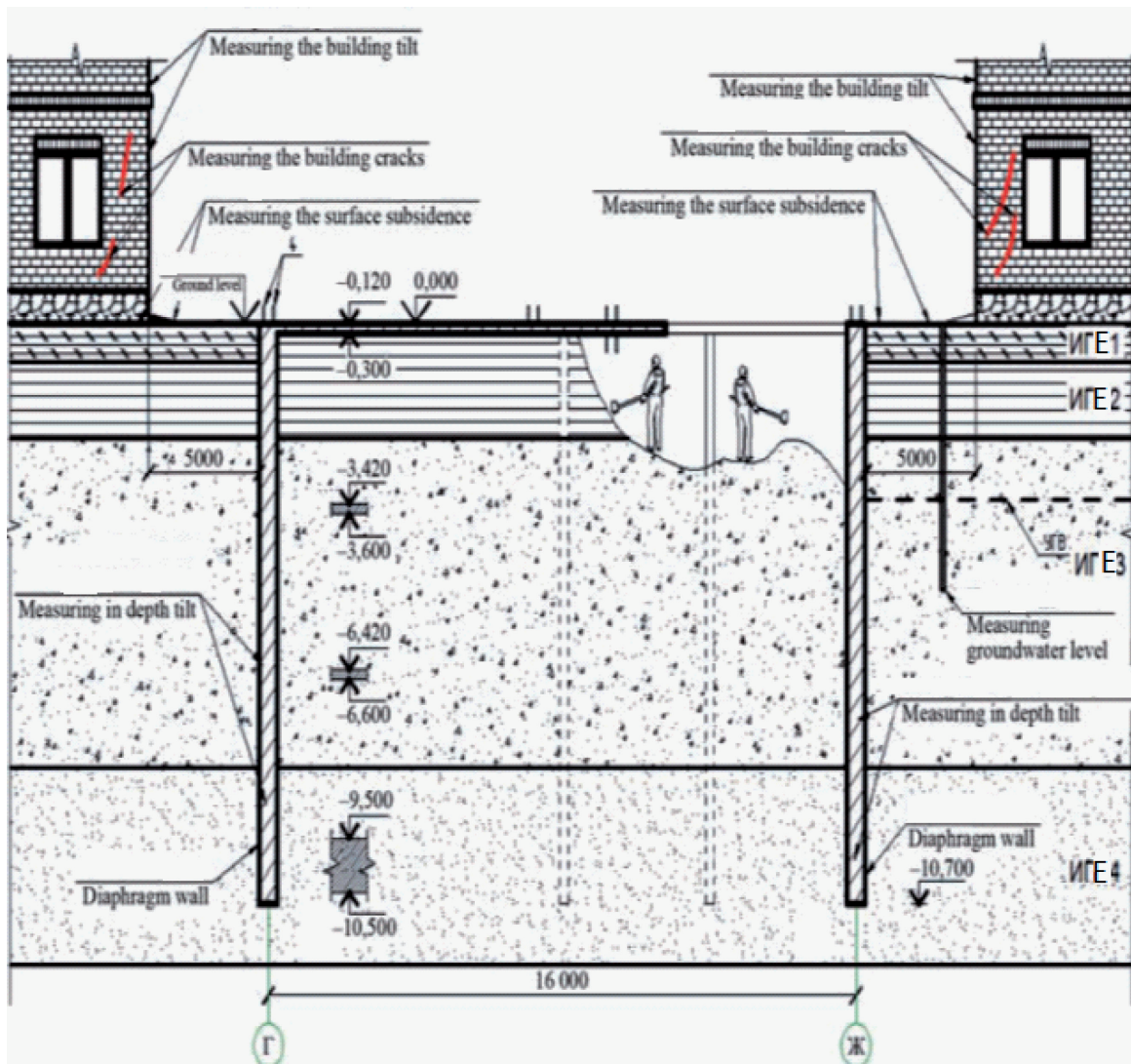


Рисунок 7 – Схема процесу моніторингу при влаштуванні «стіни в ґрунті» [40–54]

бурунабивних паль (діаметром 350 мм, довжиною 10 і 13 м) і конструкції «стіна в ґрунті» (стінки товщиною 400 мм і глибиною занурення панелей 10 м від денної поверхні). Для герметизації стиків панелей «стіни в ґрунті» і бурунабивних паль по проєкту була передбачена обробка ділянок кожного стику високонапірною ін'єкцією за технологією Jet Grouting [17].

ВИСНОВКИ

1. Ризик, пов'язаний з проєктуванням і функціональністю ґрунтових конструкцій, є одним з найвищих. Це підкреслює необхідність розрахунку і зниження такого ризику за допомогою наявних методів і засобів для додаткового контролю ФМВ ґрунтів. Одним з таких методів може бути геотехнічний моніторинг, що здійснюється на безперервній, або періодичній основі

під час будівництва і деякий час після його закінчення.

2. Одним з основних видів робіт при науково-технічному супроводі будівельного об'єкта є моніторинг його технічного стану. Для дотримання безпечної експлуатації будівель і споруд необхідна поточна інформація про деформації і напруження, що виникають в будівельних конструкціях. Об'єкти класу наслідків (відповідальності) ССЗ, руйнування яких може призвести до катастрофічних наслідків, повинні бути обладнані автоматизованими системами моніторингу та управління.
3. В ДП НДІБК розроблений новий документ ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 «Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд» у розвиток комплексу стандартів систем технічного діагностування будівельних конструкцій. Цей документ увібрав в себе всі основні методичні вказівки та розробки з науково-методологічного обґрунтування,



проектування та експериментально-го відпрацювання моніторингових систем в будівництві.

4. Авторами статті доопрацьована програма геотехнічного моніторингу та наведено приклади її використання для улаштування «стін в ґрунті» та геодезичного моніторингу проти-сувних споруд.
5. Отримані в ході спостережень дані дають змогу зробити наступні висновки по будівлі № 2 по Набережному шосе. За весь термін спостере-жень зафіксовано такі деформації:
 - вертикальні переміщення осадових марок №№ к2...к17 та к23 величиною від -2 до -3 мм, по решті осадових марок не зафіксовано вертикальних переміщень, які б перевищували похибку вимірювань (± 2 мм). Графік розвитку в часі вертикаль-них переміщень осадових марок, встанов-лених на будівлі наведено на рис. 5;
 - приріст ширини розкриття тріщини Т-4 становить +0.44 мм, зміни ширини роз-криття решти тріщин не перевищують ± 0.25 мм. Графік змін в часі ширини роз-криття тріщин наведено на рис. 6.
6. Наведено приклад геотехнічного моніторингу «стіни в ґрунті» за роботою [16], який в процесі улаштування споруди дає змогу попередити розвиток несприятливих факторів при влаш-тування «стіни в ґрунті» в умовах існуючої забудови. Він включає в себе цілий ком-плекс інструментальних вимірювань, що дає можливість здійснювати on-line контроль за станом будівельних конструкцій навколишньої забудови в процесі зведення «стіни в ґрунті» з метою дотримання безпеки та відповідності технологічним регламентами, вимогам норма-тивних документів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Слюсаренко Ю.С., Мелашенко Ю.Б. Досвід спорудження офісно-житлового центру на вул. Мечникова, 11-А в Печерському районі Києва. Будівництво України. 2018, №3.
2. Slyusarenko Yu., Tytarenko V., Shuminskiy V., Vynnykov Y. Designing of buildings and structures at land sliding and slide hazardous segments of slopes. Academic Journal Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. Vol 2. No 51. 2018. С.124-131. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1303>
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2018.
4. ДБН В.1.21-12-2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умо-вах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. К.: Мінрегіонбуд, 2008. 34 с.
5. Кураш С.Ю., Калюх Ю.І., Хавкін О.К., Калюх Т.Ю. Застосування теорії зба-лансованого ризику для визначення вірогідності характеристик слабких ґрунтів в умовах щільної міської забудови. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». 2011. № 1. С. 71–75.
6. Ваничек І. Применение Еврокода 7 к грун-товым конструкциям. Світ геотехніки. 2016. № 4. С. 4–8.
7. Терцаги К. Строительная механика грунта на основе его физических свойств. М., 1933. 398 с.
8. Долина Л.Ф. Мониторинг окружающей среды и инженерные методы охраны био-сферы. Д.: Континент Л. 2002. Ч.1. Основы мониторинга. 208 с.
9. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures. State of art report by Task Group 5.1. International Federation for Structural Concrete (fib). 2003. 300 p.
10. ДБН В.1.1-46:2017. «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення».
11. Калюх Ю.І., Іщенко Ю.І. Теоретична концепція та практична реалізація нової інтегрованої методології систем раннього попередження про зсувну небезпеку. Наука та будівництво. 2020. № 1. С. 3–17.
12. ДБН В.1.2-5:2007. «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів». К.: Укрбудархінформ. 2007. 14 с.
13. ДБН В.1.2-12-2008. «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки». К.: Укрбудархінформ. 2007. 34 с.
14. ДБН В.1.2-14:2018. «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд». К.: Укрбудархінформ. 2018. 30 с.
15. Слюсаренко Ю.С., Титаренко В.А., Мелашенко Ю.Б., Шумінський В.Д. Нормативна база України з проектуван-ня основ і фундаментів будівель і спо-руд. Сучасний стан і перспективи розвит-ку. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2018. 72. С. 162-170.
16. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд: [Чинні від 01 квітня 2017 року]. К.: Мінрегіонбуд, 2017. 42 с.
17. Yugov A.M., Novikov N.S., Gavrilyuk A.S. Geotechnical Monitoring while Constructing the “Diaphragm Wall” in Restricted Conditions. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015. 7, P. 57—68.



18. Слюсаренко Ю.С., Титаренко В.А., Шумінський В.Д. Нормативне забезпечення проектування у галузі фундаментобудування, підземних споруд і геотехніки. Нові технології в будівництві. 2017. 33/1. С. 41-52.

REFERENCES

1. Slyusarenko, Yu.S., & Melashenko, Y.B. (2018). The experience of the business-residential center construction at 11-A, Mechnykova St. in Pecherskyi District of Kyiv. Construction of Ukraine, 3.
2. Slyusarenko, Yu., Tytarenko, V., Shuminskiy, V., & Vynnykov, Y. (2018). Designing of buildings and structures at land sliding and slide hazardous segments of slopes. Academic Journal Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. 2, 51, 124-131. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1303>
3. Bases and foundations of buildings and structures. Main principles: DBN V.2.1-10:2018. (2018)
4. Reliability and safety system in construction. Construction in the restrained urban conditions. Safety requirements: DBN V.1.21-12-2008. (2009).
5. Kurash, S.Yu., Kaliukh, Yu.I., Khavkin, O.K., & Kaliukh, T.Yu. (2011). The balanced risk theory application to determine the probability of poor-bearing soils characteristics in dense urban development. Scientific and technical collection "Modern technologies, materials and structures in construction", 1, 71–75.
6. Vaniček, I. (2016). Application of Eurocode 7 to earth structures. World of geotechnics, 4, 4–8.
7. Tertsahi, K. (1933). Structural mechanics of soil based on its physical properties. Moscow.
8. Dolina, L.F. (2002). Basics of monitoring. In L.F.Dolina, Environmental monitoring and engineering methods for protecting the biosphere (Part1). Dnepropetrovsk: Kontinent L.
9. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures. State of art report by Task Group 5.1. (2003). fib Bulletin, 22.
10. Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and collapses. Main principles: DBN V.1.1-46:2017. (2017).
11. Kaliukh Iu.I., & Ishchenko, Yu.I. (2020). Theoretical concept and practical implementation of a new integrated methodology of landslide warning systems. Science and construction, 1, 3–17.
12. Scientific and technical support of construction projects: DBN V.1.2-5:2007. (2008).
13. Construction in the restrained development conditions. Safety requirements: DBN V.1.2-12-2008. (2009).
14. General principles for reliability and constructive safety ensuring of buildings and civil engineering works: DBN V.1.2-14:2018. (2019).
15. Slyusarenko, Yu.S., Tytarenko, V.A., Melashenko, YU.B., & Shuminskyi, V.D. (2018). Regulatory framework of Ukraine for the design of buildings and structures bases and foundations. Current state and development prospects. Bulletin of Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 72, 162-170.
16. Guidance on scientific and technical monitoring of buildings and structures: DSTU-N B V.1.2-17:2016. (2017).
17. Yugov, A.M., Novikov, N.S., & Gavrilyuk, A.S. (2015). Geotechnical Monitoring while Constructing the "Diaphragm Wall" in Restricted Conditions. Vestnik MGSU (Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering), 7, 57–68.
18. Slyusarenko, Yu.S., Tytarenko, V.A., & Shuminskyi, V.D. (2017). Regulatory support for design in the field of foundations, underground structures and geotechnics. New technologies in construction, 33/1, 41-52.

Стаття надійшла до редакції 22.06.2020 року