

ГЕОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Харченко М.О.

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: Наведено практичний досвід організації та проведення науково-технічного супроводу (НТС) будівельних об'єктів у складних інженерно-геологічних та організаційно-технологічних умовах на різних етапах їх життєвого циклу.

АННОТАЦИЯ: Приведено практический опыт организации и проведения научно-технического сопровождения (НТС) строительных объектов в сложных инженерно-геологических и организационно-технологических условиях на различных этапах их жизненного цикла.

ABSTRACT: The article presents the experience of organizing and conducting scientific and technical support (STS) for construction projects in difficult ground and organizational and technological conditions at various stages of their life cycle.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: науково-технічний супровід, геотехнічний моніторинг, основа, фундаменти, складні інженерно-геологічні та організаційно-технологічні умови .

ВСТУП

Розвиток людства супроводжується постійним зростанням складності будівельних об'єктів, а також ускладненням умов, в яких здійснюється їх зведення. Значну частину нового будівництва становлять технічно складні, унікальні об'єкти з високим ступенем відповідальності – висотні будівлі, споруди з великими прольотами, екологічно небезпечні об'єкти, заглиблені споруди тощо. При цьому збільшується поверховість будинків, відбува-

ється ущільнення міської забудови й освоєння підземного простору, який додатково насичується інженерними комунікаціями. Такі тенденції призводять до нових завдань – забезпечення безпеки і надійності споруд, зниження негативного техногенного впливу на існуючі будівлі та інфраструктуру, мінімізація екологічних ризиків тощо. Крім того, удосконалюються методи прогнозування небезпечних геологічних процесів (наприклад, сейсмічних впливів), а також навантажень від природних впливів (наприклад, вітрові та снігові навантаження). Тому накопичення та систематизація досвіду проведення НТС проектування і будівництва об'єктів у складних інженерно-геологічних та організаційно-технологічних умовах є актуальною задачею сьогодення.

Загальні вимоги і рекомендації щодо проведення НТС на території України наведено у [1 – 7], сучасні досягнення геотехнічного проектування та моніторингу – у [8]. Деякий досвід НТС також зведено у [9]. Взагалі цій проблематиці присвячено достатньо значну кількість наукових досліджень.

Мета роботи – систематизувати досвід проведення НТС проектування і будівництва об'єктів у складних інженерно-геологічних та організаційно-технологічних умовах.

Основна задача НТС будівельних об'єктів – вирішення проблем, які не регламентовані нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах проектування та будівництва, особливо у складних інженерно-геологічних та організаційно-технологічних умовах. Тому для забезпечення ефективного вирішення конструктивно-технічних і будівельно-технологічних проблем з мінімальним ризиком помилок в даній статті систематизовано певний досвід проведення НТС різних об'єктів фахівцями геотехніками ПолтНТУ.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Першим етапом НТС є геотехнічне обґрунтування – оцінювання ризиків інвестиційних проектів, що викликані, як правило, забудовою територій у складних умовах (тісна існуюча забудова, складні інженерно-геологічні умови, можлива активізація небезпечних інженерно-геологічних і геологічних явищ і процесів тощо). На ранніх стадіях інвестиційного процесу, коли Замовник вже має уявлення про бажані архітектурні параметри майбутнього проекту, виникає питання про його вартість. Підрахувати приблизну вартість надземної частини, як правило, не викликає особливих труднощів, а врахувати вплив особливостей ділянки забудови на загальну вартість об'єкту інколи досить складно. Тому доцільно залучати спеціалізовані організації, що мають певний досвід у проведенні інженерно-геологічних вишукувань, випробуванні ґрунтів, обстеженні технічного

стану існуючої забудови, проектуванні та геотехнічному моніторингу, для виконання оцінювання майбутніх труднощів будівництва за наявності мінімального обсягу вихідних даних. Результатом геотехнічного обґрунтування є рекомендації щодо необхідного оптимального обсягу і якості вишукувань, ефективна технологія виконання земляних робіт, рекомендації щодо вибору кращої технології влаштування основ і фундаментів, а також оцінювання оптимальних параметрів фундаментів, рекомендації щодо мінімізації негативного впливу на існуючу забудову, пропозиції щодо вибору оптимальної конструктивної системи будівель і споруд з точки зору інженерно-геологічних умов, пропозиції переліку інженерних заходів для уникнення негативних небезпечних інженерно-геологічних і геологічних явищ і процесів тощо.

Другим етапом НТС є аналіз вишукувальної і проектної документації, а також за необхідності перевірочні розрахунки найбільш відповідальних конструкцій і вузлів, моделювання напружено-деформованого стану системи «основа – фундаменти – будівля» методом скінченних елементів, аналіз можливого негативного впливу на оточуючу забудову і відповідно до результатів даного етапу розроблення рекомендацій щодо удосконалення проектних рішень.

Третім етапом НТС є моніторинг будівельного процесу, технічного стану будівлі, що зводиться, і оточуючих будівель та комунікацій, геодезичні спостереження за деформаціями цих будівель та інші науково-дослідні роботи, які виникають при будівельно-монтажних роботах. У результаті даного етапу розробляються рекомендації щодо удосконалення конструктивно-технічних і будівельно-технологічних рішень з мінімальним ризиком помилок, розроблення додаткових конструктивних рішень підсилення конструкцій, технічний стан яких погіршився при новому будівництві тощо.

Сьогодні найбільш ефективним способом прогнозування і попередження аварійних ситуацій є геотехнічний моніторинг і моніторинг технічного стану будівельних конструкцій, який ведеться в постійному режимі на стадіях будівництва та експлуатації будівель. До геотехнічного моніторингу входять наступні роботи: 1) проведення спостережень за станом, своєчасним виявленням і розвитком наявних відхилень у поведінці будівель, що зводяться або реконструюються, їх основ і навколишнього масиву ґрунту від проектних даних; 2) розроблення заходів щодо запобігання та усунення можливих негативних наслідків, забезпечення збереження існуючої забудови, що знаходиться в зоні впливу нового будівництва, а також збереження навколишнього природного середовища; 3) попередження та усунення негативних процесів, а також оцінки правильності прийнятих методів розрахунку, проектних рішень і результатів прогнозу.

Останнім етапом НТС є геодезичні спостереження за деформаціями та моніторинг технічного стану особливо відповідальних конструкцій та вузлів новобудови при її експлуатації. З цієї метою останнім часом розроблено сучасні конструкції автоматизованого моніторингу, які навіть дозволяють виявити надзвичайні ситуації (наприклад, понаднормативні прогини чи позапроектні напруження у несучих конструкцій тощо) на ранніх стадіях їх розвитку.

Крім того, слід зауважити, що актуальним напрямом сучасності є розвиток сфери страхування будівельних об'єктів. Тому результати НТС є необхідними для визначення ризиків при будівництві та експлуатації об'єктів. Зважаючи на суперечливі вимоги надійності й економічності, на заміну традиційної концепції «As Low As Practicable Achievable», активно розвивається концепція «прийнятеного» ризику, що базується на аналізі економічних та неекономічних втрат, спричинених відмовами, і потребує розроблення практичних методів оцінювання та керування технічними й екологічними ризиками об'єктів будівництва. Цей аспект є особливо важливим під час проектування об'єктів зі значними наслідками при відмові та об'єктів підвищеної екологічної небезпеки. Тому вважаємо, що основною функцією НТС має бути керування технічними й екологічними ризиками об'єктів будівництва.

У табл. 1 зведено основні об'єкти та види робіт НТС, виконаних спеціалістами-геотехніками ПолтНТУ.

Таблиця 1

Основні об'єкти та види робіт НТС, виконаних авторами статті

№	Найменування об'єкту	Суть роботи
1	Науково-технічний супровід проектування та зведення резервуарів пульпи циліндричної форми діаметром і висотою по 15 м у місцях розташування складів концентрату при реконструкції корпусів збагачування збагачувальних фабрик №1 і 2 Полтавського ГЗК у м. Горішні Плавні Полтавської обл.	Виникла необхідність в середині складів звести резервуари пульпи. За результатами обстеження виявлено, що існуючі фундаменти складів – монолітні залізобетонні плити товщиною 700 мм із бетону класу С12/15 (В15); основа – пісок дрібний, середньої щільності. Розрахунки показали, що порівняно з експлуатаційними навантаженнями у складі від зведення резервуару напруження під плитою зростуть на 20%. Тому запропоновано використати існуючі плити як фундаменти резервуарів замість проекту їх демонтажу й улаштування паль С 9-35 з монолітними залізобетонними ростверками висотою 1,2 м. Моделюванням [10] ураховано зміцнення ґрунту під плитою та визначено приріст осідання плити за рахунок підвищення навантаження від резервуару – 1,7 см; доведено відсутність необхідності демонтажу плити. Цей варіант фундаментів під резервуари пульпи реалізовано при реконструкції.

2	Науково-технічний супровід проектування та зведення зерносховищ силосного типу, які зведені поблизу м. Прилуки Чернігівської обл.	1) випробування лесових деградованих ґрунтів з метою оцінювання особливостей напружено-деформованого стану (НДС) основи фундаментів силосів; 2) моделювання НДС основи фундаментів силосів методом скінченних елементів (МСЕ), в т.ч. в імовірнісній постановці з оцінюванням рівня надійності силосів; 3) розроблення проектних рішень підсилення основи; 4) геодезичні спостереження за деформаціями підсиленої основи фундаментів силосів
3	Науково-технічний супровід проектування та зведення житлових будівель на набивних палях у пробитих свердловинах (НППС)	1) оцінювання параметрів масиву лесових ґрунтів для використання їх в якості основи НППС; 2) моделювання НДС системи «основа – НППС – будівля»; 3) розроблення проектних рішень фундаментів у вигляді НППС; 4) точні геодезичні спостереження за осіданнями житлових будівель на НППС у період їх зведення та експлуатації; 5) удосконалення методики розрахунку та проектування будівель на НППС [11]
4	Науково-технічний супровід проектування та зведення будівель і споруд на ґрунтоцементних основах (ГЦО) та ґрунтоцементних фундаментах (ГЦФ)	1) оцінювання параметрів ГЦО; 2) моделювання НДС системи «ГЦО (чи ГЦФ) – фундамент (чи ростверк) – будівля»; 3) розроблення проектних рішень фундаментів у вигляді ГЦО (чи ГЦФ) 4) точні геодезичні спостереження за осіданнями житлових будівель на ГЦО та ГЦФ у період їх зведення та експлуатації; 5) удосконалення методики розрахунку та проектування будівель на ГЦО та ГЦФ
5	Науково-технічний супровід зведення штучного насипу товщиною 4...6 м і площею 190 га під споруди заводу «Vorskla Steel» прямого відновлення заліза потужністю 3 млн. т. слябів у рік в м. Горішні Плавні Полтавської обл.	1) лабораторні дослідження оптимальних параметрів ущільнення розкривних порід кар'єрів; 2) чисельне моделювання етапів зведення насипу; 3) аналіз проектних рішень і технології зведення насипу; 4) польові дослідження оптимальних параметрів ущільнення розкривних порід; 5) встановлення взаємозв'язку між фізичними й механічними характеристиками ущільнених розкривних порід з урахуванням впливу параметрів укочування; 6) оцінювання неоднорідності ущільнених ґрунтів штучних основ; 7) оцінка якості ущільнення ґрунтів та розроблення рекомендацій щодо експлуатації насипу
6	Науково-технічний супровід проектування і будівництва багатопверхових будівель у зоні підземних виробок (м. Одеса)	1) аналіз проектної та вишукувальної документації; 2) моделювання НДС системи «основа з катакомбами – фундаменти – будівля», в т. ч. із урахуванням сейсмічних впливів; 3) розроблення рекомендацій щодо підвищення рівня надійності проектних рішень; 4) геодезичні спостереження за осіданнями основи фундаментів та креном будівлі

7	Науково-технічний супровід проектування і будівництва торгово-розважального центру (робоча назва «Лук'янівка») у м. Київ	1) обґрунтування можливого проявлення небезпечних геологічних та інженерно-геологічних явищ та процесів у межах ділянки забудови та розроблення рекомендацій щодо захисту комплексу від них; визначення зони впливу від нового будівництва; 2) аналіз конструктивної схеми та результатів розрахунків каркасу комплексу; 3) моніторинг технічного стану особливо відповідальних вузлів і конструкцій комплексу та будівель оточуючої забудови; 4) моніторинг технічного стану огороження котловану; 5) розроблення рекомендацій і пропозицій щодо вдосконалення проектно-технічних рішень комплексу на основі вивчення досягнень науки, техніки та закордонного досвіду
8	Науково-технічний супровід проектування висотної будівлі у м. Київ (житловий будинок у Дніпровському районі)	1) обґрунтування можливого проявлення небезпечних геологічних та інженерно-геологічних явищ та процесів у межах ділянки забудови; визначення зони впливу від нового будівництва; 2) аналіз форм коливання при сейсмічних навантаженнях; оцінювання стійкості прогресуючому руйнуванню в разі виникнення аварійних надзвичайних ситуацій; аналіз НДС несучих конструкцій і динамічної поведінки каркаса будинку спільно з ґрунтовою основою; 3) оцінювання осідань і кренів секцій для найгірших умов завантаження і впливів та з урахуванням можливого проявлення різних негативних геологічних та інженерно-геологічних явищ і процесів; розроблення пропозицій щодо оптимального розміщення паль з метою мінімізації напружень в елементах системи «ґрунтова основа – фундаменти – будівля»; 4) розроблення рекомендацій і пропозицій щодо вдосконалення проектно-технічних рішень на основі досягнень науки, техніки та закордонного досвіду

У підсумку даної статті можливо зробити наступні **висновки**. Як показує досвід, проведення НТС може зменшити до 10% загальну вартість об'єкту, особливо у складних інженерно-геологічних та організаційно-технологічних умовах за рахунок використання ефективних технологій та оптимальних технічних рішень, що контролюються різними вимірювальними методами і відповідними розрахунками з мінімізацією ризиків руйнування та значних деформацій. Крім того, результатом НТС є не лише оптимальні технічні рішення й ефективна технологічно-організаційна схема будівництва, а й реальні значення деформації основи фундаментів і резерву міцності конструктивної системи, що дає можливість за необхідності, наприклад, збільшити навантаження на фундаменти, перекриття, підвищити поверховість будівлі тощо.

Крім того вважаємо, що додатковою функцією НТС має бути керування технічними й екологічними ризиками об'єктів будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. - [Чинні від 2008-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 16 с. – (Будівельні норми України).
2. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. - [Чинні від 2009-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 133 с. - (Будівельні норми України).
3. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1–12:2014. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. - IV, 110 с. – (Будівельні норми України).
4. Основи та фундаменти будівель і споруд: ДБН В.2.1-10-2009. - [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2009. – 107 с. – (Будівельні норми України).
5. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. - [Чинні від 2009-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
6. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. - [Чинні від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – III, 49 с. - (Будівельні норми України).
7. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення: ДБН В.2.5-76:2014. - [Чинні від 2014-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – V, 38 с. – (Будівельні норми України).
8. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – Санкт-Петербург: Стройиздат Северо-Запад, 2010. – 552 с.
9. Harry G. Poulos. Tall buildings and deep foundations – Middle East challenges // Proc. of 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Alexandria: IOS Press, 2009. – P. 3173–3205.
10. Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: монографія / Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2016. – 280 с.
11. Посібник з проектування та влаштування набивних паль у пробитих свердловинах / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, А.М. Павліков та інші // ПолтНТУ, ДП НДІБК. – К., 2014. – 70 с.

REFERENCES

1. DBN V.1.2-5:2007. Scientific and technical support of construction projects. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2007. – 16 p. (National Standard of Ukraine).

2. DBN V.2.2-24:2009. Designing high-rise residential and public buildings. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2009. – 105 p. (National Standard of Ukraine).
3. DBN V.1.1-14:2014. Construction in seismic regions of Ukraine. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2014. – 110 p. (National Standard of Ukraine).
4. DBN V.2.1-10-2009. Bases and foundations of buildings and structures. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2009. – 107 p. (National Standard of Ukraine).
5. DBN V.1.2-14-2009. General principles of reliability and structural safety of buildings, structures and foundations. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2009. – 37 p. (National Standard of Ukraine).
6. DBN V.1.3-2:2010. Geodetic works in construction. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2010. – 55 p. (National Standard of Ukraine).
7. DBN V.2.5-76:2014. Automated systems for early detection of emergency situations and alert for population. – K.: Ukraine Ministry of Regional Development, 2014. – 38 p. (National Standard of Ukraine).
8. V.M. Ulitsky, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin. Geotechnical support urban development (a practical guide for the design of buildings and underground structures in a urban territory). – St. Petersburg: Stroyizdat Severo-Zapad, 2010. – 552 p.
9. Harry G. Poulos. Tall buildings and deep foundations – Middle East challenges. Proc. of 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Alexandria: IOS Press, 2009. – P. 3173–3205.
10. Vynnykov Yu.L. Mathematical modeling of foundations interaction with compacting basics during their construction and following work: Monograph. – Poltava: PoltNTU named after Yuri Kondratyuk, 2016. – 280 p.
11. M.L. Zotsenko, Yu.L. Vynnykov, A.M. Pavlikov and etc. Manual design and installation cust in situ piles in punched holes. PoltNTU, DP NDIBK. – K., 2014. – 70 p.

Стаття надійшла до редакції 14.07.2016 р.