

УДК 624.05; 624.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.10>**Шапоренко Ю. І.**

к.т.н., старший науковий співробітник,

ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ

ORCID: 0009-0009-7356-6906

Коваленко Є. І.

Директор ТОВ «Проектний центр» «Позняки-жил-буд», м. Київ

Покришка С. М.

Головний конструктор ТОВ «Проектний центр» «Позняки-жил-буд», м. Київ

**ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГЛИБОКОГО КОТЛОВАНУ
В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ**

Анотація. В статті викладено практичний досвід проектування та будівництва глибокого котловану в складних інженерно-геологічних умовах в зоні ущільненої існуючої забудови, отриманий при реалізації проекту житлового комплексу *Tarpan Towers* (Вежі Майбутнього), побудованого по вулиці Іоанна Павла II, 12 в Печерському районі міста Києва. Виконаний огляд та аналіз чинної нормативної бази України та науково-технічної літератури, присвячених даній тематиці. Наданий опис та проведений аналіз інженерно-геологічних умов будівельної ділянки в тому числі дана оцінка стійкості зсувного схилу. Описані основні конструктивні рішення огорожень котловану, а також технологічна послідовність розробки котловану на основних етапах будівництва нульового циклу житлового комплексу. Наведені дані натурних геодезичних спостережень за деформаціями конструкцій огорожень котловану в процесі будівництва та виконано їх співставлення з розрахунковими значеннями та гранично-допустимими параметрами. Надано опис використаних проектно-технічних рішень дренажної системи для регуляції ґрунтових вод і запобігання виникнення баражного ефекту на межі огорожі котловану. Наведені дані експериментальних натурних випробувань одиночних фільтраційних свердловин та зроблені висновки щодо ефективності застосованої дренажної системи. Надано стислий опис конструктивних заходів, призначених для забезпечення транспортної логістики та встановлення баштових кранів на етапі будівництва нульового циклу житлового комплексу. Проаналізовано дані натурних спостережень за деформаціями існуючих навколишніх будинків та виконано їх співставлення з розрахунковими значеннями деформацій та гранично допустимими значеннями згідно вимог чинних будівельних норм. Зроблено висновки щодо ефективності реалізованих проектних рішень після завершення будівництва нульового циклу житлового комплексу.

Ключові слова: котлован, ущільнена навколишня забудова, конструкції огорожі котловану, дренажна система, деформації.

Постановка проблеми. Переважна більшість новобудов у будь-якому великому місті реалізується в умовах ущільненої навколишньої забудови. В центральній частині міста, як правило, наявний гострий дефіцит місць для паркування автотранспорту, отже при будівництві житла необхідно передбачати багаторівневі підземні паркінги. Основна проблема тут – потреба виконання глибоких котлованів в безпосередній близькості до фундаментів існуючих будинків та/або інженерних мереж. Часто технічний стан існуючих будинків

згідно чинних норм [1] є незадовільним або взагалі аварійним. В таких випадках ДБН [2] досить суворо регламентують можливий вплив новобудови на основу існуючих будинків. Вирішення проблеми влаштування котловану залежить від досить широкого кола факторів: інженерно-геологічні та гідро-геологічні умови, конструктивні рішення та технічний стан існуючих будинків, параметри нового будівництва, технічні можливості підрядних організацій і т.п. Однозначної методики конструктивного вирішення такої багатofакторної задачі

вочевидь не існує, тому будь-який практичний досвід, отриманий при реалізації конкретних проектів буде актуальним і корисним для будівельної спільноти і розвитку будівельної галузі України.

Нижче покажемо, як автори статті вирішували схожу проблему при проектуванні і будівництві нульового циклу житлового комплексу Taryan Towers (Вежі Майбутнього), побудованого по вулиці Іоанна Павла II, 12 в Печерському районі міста Києва.

Аналіз нормативної бази та попередніх досліджень. Чинна нормативна база України щодо проектування в умовах ущільненої забудови представлена ДБН [3]. Дані норми встановлюють загальні вимоги безпеки під час нового будівництва в умовах ущільненої забудови. Конструкції кріплення стінок котлованів проектується згідно вимог ДСТУ [4]. На початковому етапі проектування вкрай необхідною є інформація про конструктивні рішення та технічний стан існуючих прилеглих будинків. Ця інформація отримується в рамках науково-технічного супроводу і регламентується нормами [1, 5]. Спеціалізована науково-технічна організація виконує обстеження існуючих будинків, проводить геотехнічний моніторинг та визначає рівень впливу нового

будівництва на основу навколишньої існуючої забудови, який регламентовано Додатком Б ДБН [2]. Науковці будівельної галузі України завжди приділяли значну увагу питанню обстеження та моніторингу в умовах ущільненої забудови. Тут варто згадати оригінальні методи геотехнічного моніторингу [6], ґрунтовний аналіз нормативної бази та технічних рішень [7], методику визначення ймовірності руйнування основ будівель [8] та ряд інших наукових праць.

На об'єкті, що розглянутий в даній статті, науково-технічний супровід виконувався фахівцями ДП НДІБК [9].

Мета роботи. Мета роботи – продемонструвати можливий шлях вирішення непрості інженерної задачі – проектування глибокого котловану в складних інженерно-геологічних умовах на ділянці з ущільненою навколишньою забудовою.

Результати роботи. Інженерна підготовка території для будівництва комплексу Taryan Towers почалася ще в 2007 році і з перервами тривала до 2016 року, коли розпочалося активне будівництво нульового циклу. Архітектурна концепція проекту в основному залишалася незмінною протягом цього часу – три висотні будинки баштового типу, об'єднані стилобатною частиною (рисунок 1).

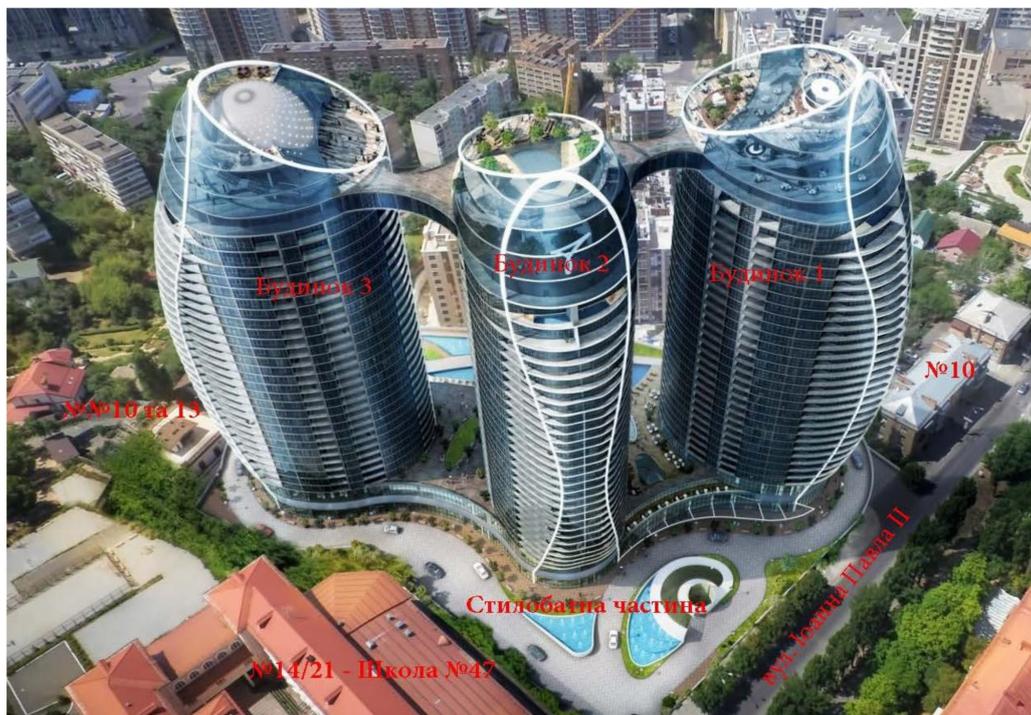


Рис. 1. Загальний вигляд житлового комплексу Taryan Towers і навколишньої забудови (архітектурна концепція)

Ділянка забудови характеризувалася складним рельєфом з наявністю зсувного схилу і ущільненої навколишньої забудови (рис. 2, 3). Відстань від контуру стилюбату до існуючих будинків складала від 6 до 8.8 м. Проектна глибина котловану по периметру ділянки коливалася в межах 9.7...17.9 м.

Інженерно-геологічні умови ділянки наведено на рис. 3. Вони характеризуються наявністю потужного шару глинистих ґрунтів у верхній частині геологічного розрізу з поверхнею зсуву та двома водоносними горизонтами. Стійкість схилу розрахована на етапі інженерно-геологічних вишукувань [10] і була оцінена як достатня ($K_{\min} = 1.42$) при відсутності замочування зсувних ґрунтів. При замочуванні передбачалася імовірність втрати стійкості схилу ($K = 0.993$). Цим була обумовлена необхідність застосування надійної дренажної системи як на період будівництва так і на час подальшої експлуатації об'єкта.

Конструкція огорожень котловану. На етапі проектування інженерної підготовки території було прийнято рішення виконати комплекс шпунтових підпірних стін з буронабивних паль $\varnothing 1020$ мм, довжиною 15...30 м. Крок паль – 1 м (в шаховому порядку). Між основними палями виконуються джет-палі до рівня дна котловану для попередження викидів ґрунтової пульпи.

Поверху паль виконується обв'язочний ростверк висотою 1300,...,1600 мм. В куткових ділянках виконуються розпорки з круглих сталевих труб $\varnothing 1020$ та 1420 мм. Паралельно з палями виконувалися вертикальні дренажні колодязі з боку школи № 47. Конструкція шпунтової огорожі наведена на рис. 4, 5.

Проведені розрахунки показали неможливість виконання котловану на проектну відмітку з боку школи № 47 і будинків №№ 10 і 13 по вул. Глазунова без додаткових розкріплень шпунтової огорожі. В той же час, в зоні існуючого будинку №10 по вул. Іоанна Павла II розрахунок дав позитивний результат. Виходячи з цього, була розроблена технологічна послідовність робіт по будівництву нульового циклу житлового комплексу, яка включала наступні етапи:

Етап 1 (рис. 6) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу будинку 1 і прилеглої стилюбату. В конструкціях стилюбату було передбачено тимчасовий залізобетонний пандус на тимчасових опорах для заїзду в котлован з вулиці Іоанна Павла II, який виконував свою функцію до завершення основних будівельних робіт і був демонтований тільки влітку 2025 р.

Етап 2 (рис. 7) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу

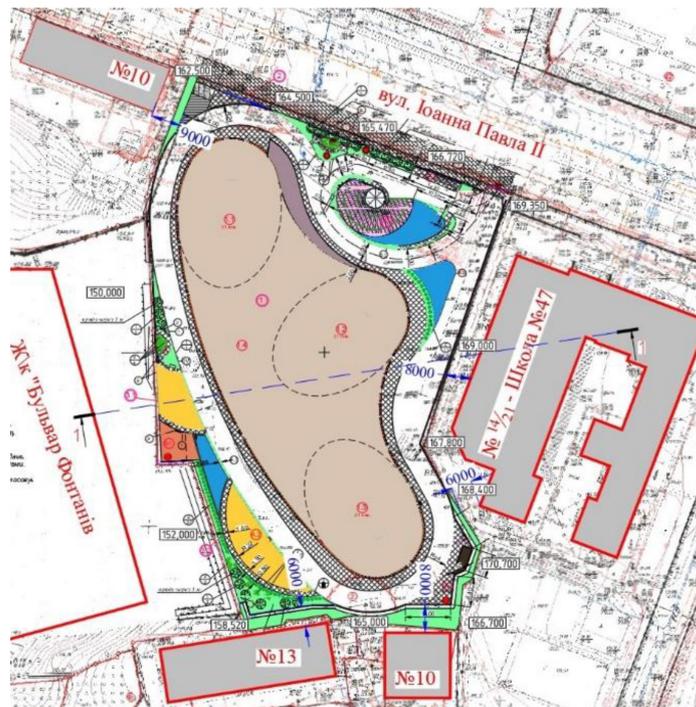


Рис. 2. Генплан ділянки

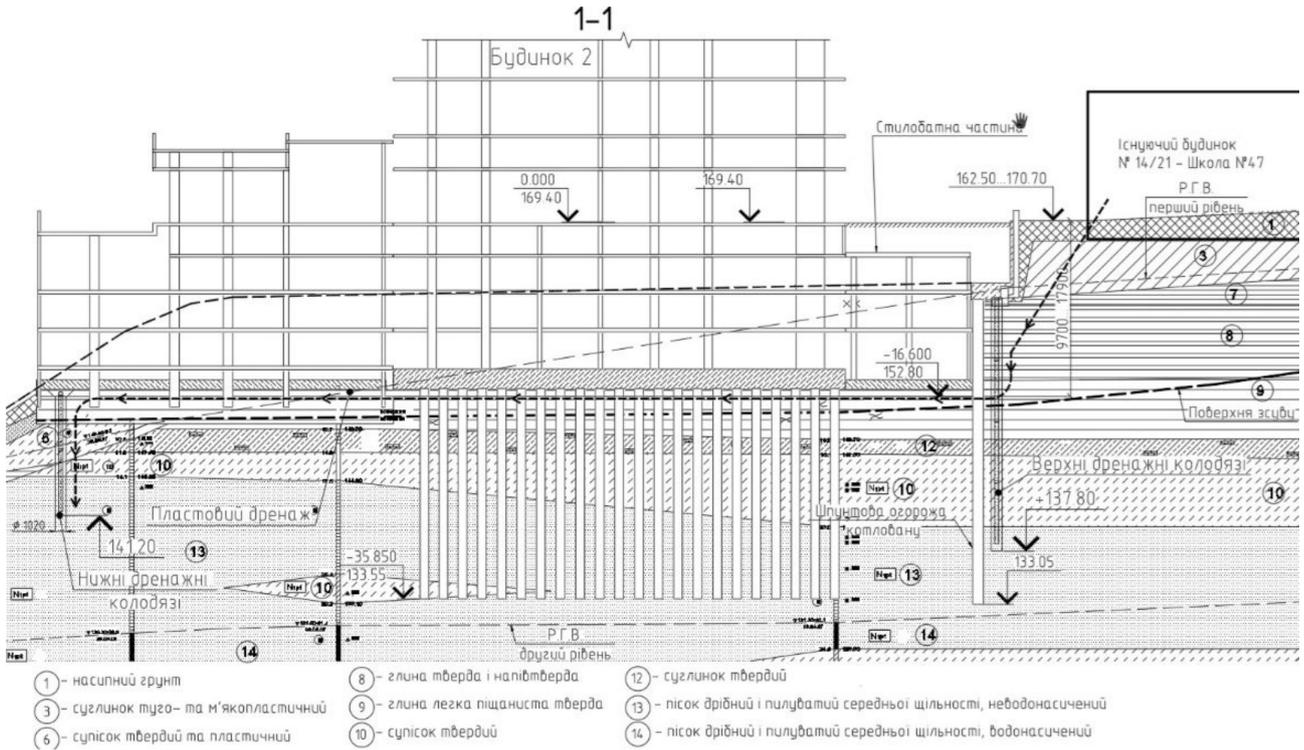


Рис. 3. Переріз 1-1. Посадка комплексу на інженерно-геологічну основу. Принципова схема дренажної системи

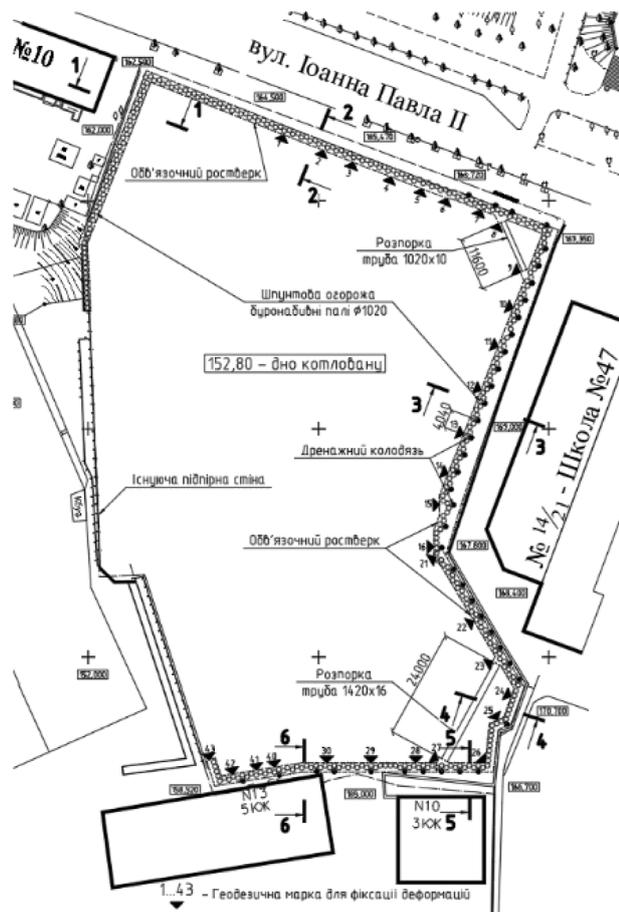


Рис. 4. План шпунтових огорож котловану

будинку 2. На цьому етапі виконано локальний шпунт з буроін'єкційних паль $\varnothing 620$ мм, довжиною 12 м для збереження ґрунтової берми вздовж школи № 47 і для забезпечення встановлення баштового крана. Палі будинку 2 виконувалися з відмітки 155.00 (проектна відмітка голови палі 153.55, перебур 1.45 м).

Етап 3 (рис. 8) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу будинку 3. При цьому було доповнено локальний шпунт з буроін'єкційних паль $\varnothing 620$ мм довжиною 12 м для збереження ґрунтової берми на розі школи № 47 та виконано локальний шпунт для забезпечення встановлення баштового крана і додаткові контрфорси з буронабивних палей $\varnothing 820$ мм, довжиною 21 м. Палі будинку 3 виконувалися з відмітки 154.50 (проектна відмітка голови палі 153.55, перебур 1 м). На цьому ж етапі розроблявся котлован і виконувалося будівництво стилюбату вздовж вулиці Іоанна Павла II.

Етап 4 (рис. 9) – виконання трубчатих сталевих розпорок з конструкцій будинків 2 та 3 на ростверк шпунтової огорожі котловану. Остаточна екскавація котловану до проектних відміток. Демонтаж тимчасо-

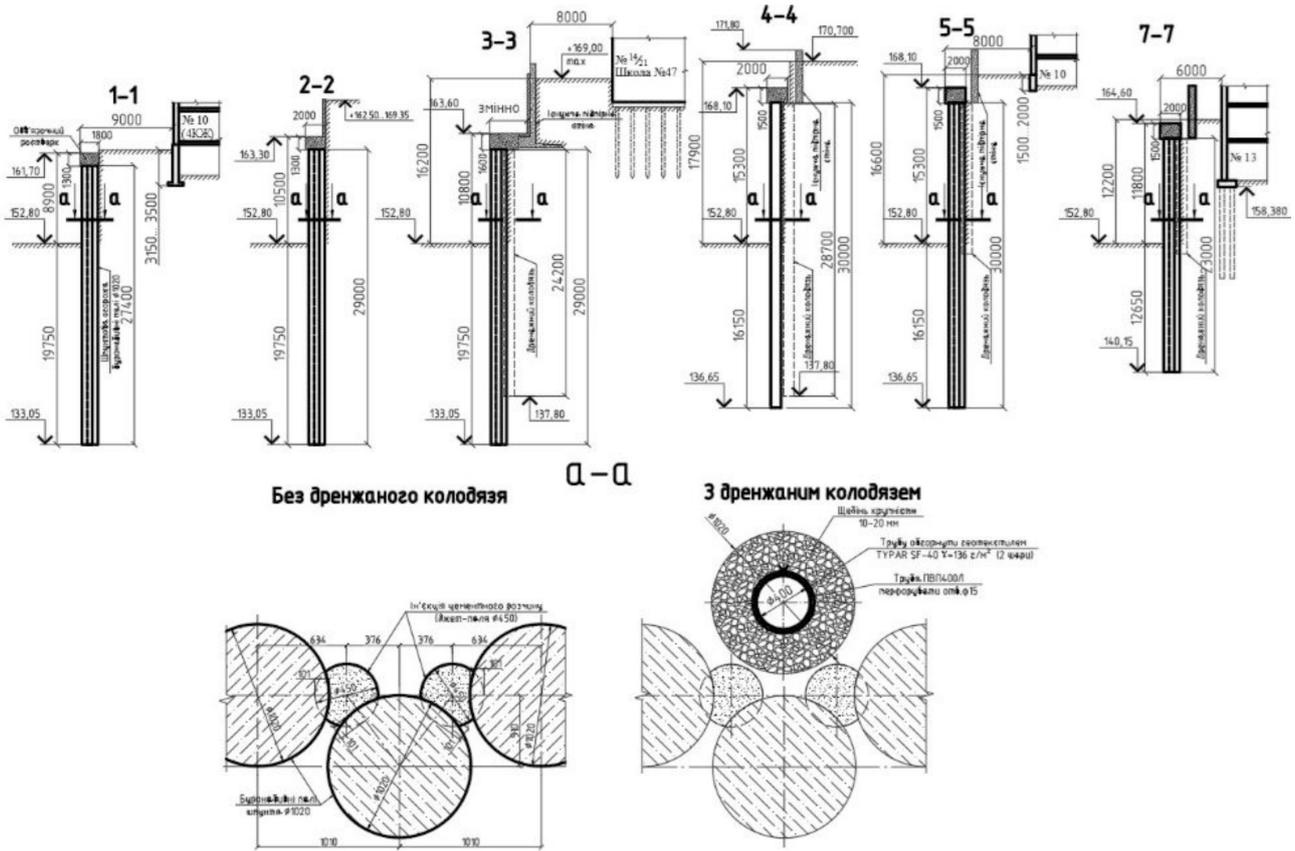


Рис. 5. Перерізи і деталі шпунтових огорож котловану

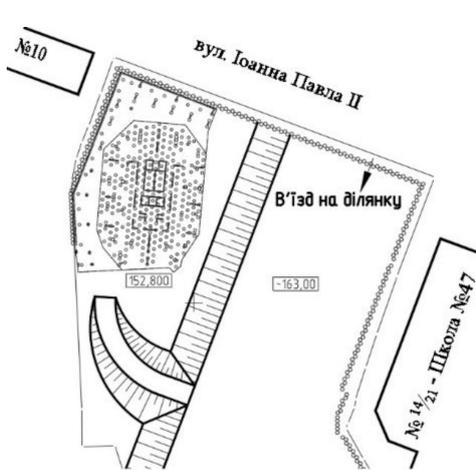


Рис. 6. Схема котловану на етапі 1

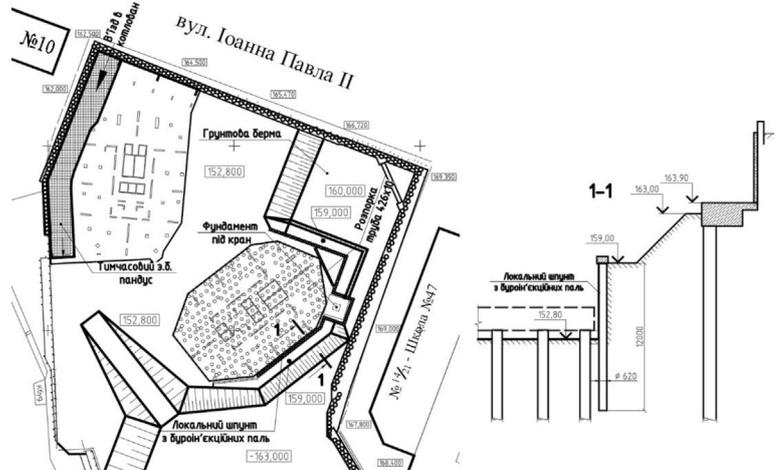


Рис. 7. Схема котловану на етапі 2

вих контрфорсів. Завершення будівництва нульового циклу.

Така технологічна послідовність дозволила значно знизити вартість огорожі котловану і забезпечити її надійність на період будівництва нульового циклу. На протязі цього періоду велися геодезичні спостереження за деформаціями шпунтової огорожі, які наведені в табл. 1 де також надано співставлення фактичних, розра-

хункових і граничних величин деформацій.

Конструкція дренажної системи. Для регулювання і відведення ґрунтових вод першого водоносного горизонту і атмосферних опадів була застосована комбінована дренажна система (рис. 1), яка складалася з вертикальних трубчатих колодязів у верхній і нижній частинах та пластового дренажу під всією площею забудови. В період

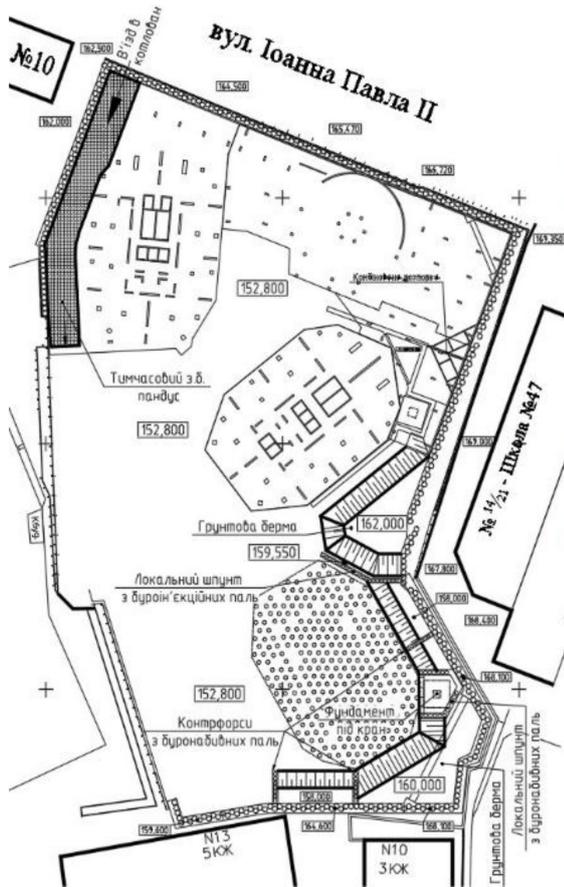


Рис. 8. Схема котловану на етапі 3

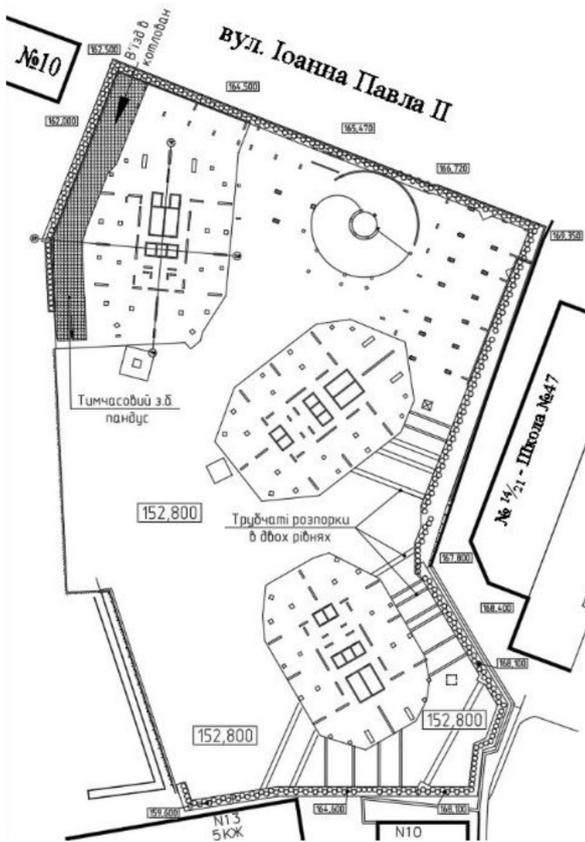


Рис. 9. Схема котловану на етапі 4

Таблиця 1. Горизонтальні деформації верху шпунтової огорожі при відкопці котловану до проектної відмітки, мм

Переріз/марка по рис. 4	Фактична деформація	Розрахункова деформація	Граничні деформації (формула 8.66 [4])
1-1	не вимірювалося	65	130
2-2/марка 2	39	42	
марка 5	100	–	
3-3/марка 16	46	55	
4-4/марка 25	22	34	
марка 22	75	–	
5-5/марка 29	64	46	
6-6/марка 40	34	45	

будівництва, коли пластова складова дренажу ще не функціонувала, водовідведення виконувалося колодязями з боку школи № 47, які виконувалися глибокими – до відмітки 137.80, щоб пройти водоупорні шари і досягти полтавських пісків. В період експлуатації верхні колодязі перехоплюють ґрунтові води першого горизонту і дренують їх в пісок як безпосередньо так і по пластовому дренажу в колодязі нижньої частини. В рамках наукового супроводу фахівцями НДІБК були проведені експериментальні натурні випробування дренажних колодязів та зроблені висновки щодо ефективності застосованої дренажної системи. Було констатовано, що одиночний верхній колодязь з боку школи № 47 здатний інфільтрувати в ґрунт (дрібний пісок ІГЕ 13) біля 2 м³/добу води, що приблизно дорівнює притоку води з першого водоносного горизонту до однієї свердловини. При надходженні більшої кількості води (під час сніготанення або інтенсивних дощів та злив) пропускна здатність свердловини збільшиться через збільшення напорів води. Пропускна здатність колодязю нижньої частини виявилась на порядок більшою.

Слід зазначити, що за весь час будівництва нульового циклу значних застоїв

води у відкритому котловані практично не було. На теперішній час, коли комплекс фактично побудовано і підземна частина експлуатується вже кілька років, слідів негативного баражного впливу ґрунтових вод не спостерігається як в новобудові так і в зонах навколишніх будинків. Це свідчить про ефективність дренажної системи.

Натурні спостереження за деформаціями існуючих навколишніх будинків. В рамках науково-технічного супроводу фахівцями НДІБК виконувалися виміри осідань існуючих будинків в процесі будівництва нульового циклу. В таблиці 2 наведено дані вимірів додаткових вертикальних осідань і їх співставлення з розрахунковими і граничними значеннями.

Таблиця 2. Додаткові вертикальні деформації основ існуючих будинків, мм

Будинок, адреса	Фактична деформація	Розрахункова деформація	Граничні деформації (Додаток Б [2])
№10, вул. Іанна Павла II	6	12	10
Школа № 47	9	28	20
№ 10, вул. Глазунова	5	13	20
№ 13, вул. Глазунова	3	7	20

Висновки. В матеріалах даної роботи викладено досвід проектування і будівництва глибокого котловану в складних умовах. Ефективність реалізованих рішень по кріпленню стінок котловану підтверджена даними натурних вимірів деформацій шпунтових огорож та існуючих навколишніх будинків, які не перевищують граничних значень. Ефективність застосованої дренажної системи підтверджена як на стадії будівництва, так і на стадії експлуатації підземної частини комплексу. Опубліковані результати можуть бути корисним для практикуючих фахівців будівельної галузі і стануть їм у пригоді при вирішенні аналогічних завдань.

Література

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель

- і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. [Чинний від 2024-09-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2024. 74 с.
2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
3. ДБН В.1.2-12:2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 34 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування підпірних стін. [Чинний від 2015-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015. 86 с.
5. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. 16 с.
6. Іщенко Ю. І., Мелашенко Ю. Б., Бені І. В., Слюсаренко Ю. С., Яковенко М. С. Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. *Наука та будівництво*. Київ, 2020. № 25(3). С. 13–25.
7. Гладисhev Г. М., Гладисhev Д. Г., Гладисhev Р. Д. Взаємодія остовів будівель та їхніх основ в межах ущільненої забудови Львова: монографія. Львів : Норма, 2023. 336 с.
8. Кураш С. Ю., Калюх Ю. І., Хавкін О. К., Калюх Т. Ю. Застосування теорії збалансованого 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.
9. Оцінка впливу будівництва об'єкту: «Будівництво житлового комплексу з вбудовано-прибудованими нежитловими приміщеннями та підземним паркінгом на вул. Патріса Лумумби, 12 в Печерському районі міста Києва» на оточуючу забудову: звіт про НТР / ДП НДІБК; кер. В. А.Титаренко. Шифр теми ЗНТ-356-6649.19-001. Київ, 2019. 51 с.
10. Житловий комплекс з об'єктами громадського обслуговування, офісними приміщеннями та підземними автостоянками по вул. Патріса Лумумби, 12 у Печерському районі міста Києва. Расчет устойчивости склона. Пояснительная записка: Дополнение к отчету об инженерно-геологических изысканиях / СП Основа-Солсиф; кер. І. С. Сосняк. Шифр 20057315 -121 / 06-00.00-ПЗ. Київ, 2007. 12 с.

References

1. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichniy opir ta stiikist. [Chynnyi vid 2024-09-01]. Vyd. ofits. Kyiv : UkrNDNTs, 2024. 74 s.
2. DBN V.2.1-10:2018. Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2018. 36 s.
3. DBN V.1.2-12:2008. Systema nadiinosti ta bezpeky v budivnytstvi. Budivnytstvo v umovakh ushchilnenoi zabudovy. Vymohy bezpeky. [Chynnyi vid 2009-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008. 34 s.
4. DSTU-N B V.2.1-31:2014. Nastanova z proektuvannia pidpirnykh stin. [Chynnyi vid 2015-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2015. 86 s.
5. DBN V.1.2-5:2007. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Naukovo-tekhnichnyi suprovod budivelnykh obiektiv. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2007. 16 s.
6. Ishchenko Yu. I., Melashenko Yu. B., Ben I. V., Sliusarenko Yu. S., Yakovenko M. S. Heotekhnichniy monitorynh v umovakh ushchilnenoi miskoi zabudovy. *Nauka ta budivnytstvo*. Kyiv, 2020. № 25(3). S. 13-25.
7. Hladyshev H. M., Hladyshev D. H., Hladyshev R. D. Vzaiemodiia ostoviv budivel ta yikhnykh osnov v mezhakh ushchilnenoi zabudovy Lvova: monohrafiia. Lviv : Norma, 2023. 336 s.
8. Kurash S. Yu., Kaliukh Yu. I., Khavkin O. K., Kaliukh T. Yu. Zastosuvannia teorii zbalansovanoho ryzyku dlia vyznachennia virohidnosti kharakterystyk slabkykh gruntiv v umovakh shchilnoi miskoi zabudovy. *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk "Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi"*. 2011. № 1. S. 71–75.
9. Otsinka vplyvu budivnytstva obiektu: "Budivnytstvo zhytlovoho kompleksu z vbudovano-prybudovanymy nezhytlovymy prymishchenniamy ta pidzemnym parkinhom na vul. Patrisa Lumumby, 12 v Pecherskomu raioni mista Kyieva" na otokhuiuchu zabudovu: zvit pro NTR / DP NDIBK; ker. V. A. Tytarenko. Shyfr temy ZNT-356-6649.19-001. Kyiv, 2019. 51 s.
10. Zhytlovyi kompleks z obiektamy hromadskoho obsluhovuvannia, ofisnymy prymishchenniamy ta pidzemnymy avtostoiiankamy po vul. Patrisa Lumumby, 12 u Pecherskomu raioni mista Kyieva. Raschet ustoichyvosti sklona. Poiasnytelnaia zapyska: Dopolnenye k otchetu ob ynzhenerno-heolohycheskykh yzyskaniyakh / SP Osнова-Solsif; ker. I. S. Sosniak. Shyfr 20057315-121 / 06-00.00-PZ. Kyiv, 2007. 12 s.

EXPERIENCE IN DESIGNING A DEEP EXCAVATION IN CONDITIONS OF COMPACTED CONSTRUCTION

Abstract. *The article describes the practical experience of designing and constructing a deep excavation in difficult engineering and geological conditions in the area of compacted existing buildings, obtained during the implementation of the project of the residential complex Taryan Towers (Towers of the Future), built at 12 John Paul II Street in the Pechersk district of Kyiv. A review and analysis of the current building codes of Ukraine and scientific and technical literature on the subject was carried out. The engineering and geological conditions of the construction site are described and analysed, including an assessment of the stability of the landslide slope. The main constructive*

solutions of the excavation walls are described, as well as the technological sequence of excavation development at the main stages of the construction of the basement of the residential complex. The data of field geodetic observations of deformations of the excavation walls structures during construction are presented and compared with the calculated values and maximum permissible parameters. The description of the used design and technical solutions of the drainage system for regulating groundwater and preventing the occurrence of the barrage effect at the border of the excavation walls is given. The data of experimental field tests of single filtration wells are presented and conclusions are drawn on the effectiveness of the applied drainage system. A brief description of constructive measures intended to ensure transport logistics and installation of tower cranes at the stage of construction of the basement of the residential complex is given. The data of field observations of deformations of the existing surrounding buildings are analysed and compared with the calculated values of deformations and maximum permissible values in accordance with the requirements of current building codes. Conclusions are drawn about the effectiveness of the implemented design solutions after the completion of the construction of the zero cycle of the residential complex.

Key words: *excavation, compacted surrounding buildings, excavation walls structures, drainage system, deformations.*

Shaporenko Yu. I.

PhD, Senior Research Fellow,
SE “Research Institute of Building Structures”, Kyiv

Kovalenko E. I.

Director of LLC “Design Centre “Poznyaky-Zhyl-Bud”, Kyiv

Pokryshka S. M.

Chief Designer of LLC “Design Centre “Poznyaky-Zhil-Bud”, Kyiv

Дата надходження статті: 08.11.2025

Прийнято: 02.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025

