

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра геоінженерії**

«На правах рукопису»  
УДК 628.2

До захисту допущено:  
В.о. завідувачки кафедри ГІ  
\_\_\_\_\_ Наталя ЗУЄВСЬКА  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою «Геоінженерія»  
зі спеціальності 184 «Гірництво»  
на тему: «Спорудження підземної частини житлової будівлі з  
обґрунтуванням конструкції кріплення котловану»**

Виконав:  
студент II курсу, групи ГС-41мп  
Кондрат`єв Владислав Вікторович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:  
доцент к.т.н., доцент  
Ган Олена Валеріївна \_\_\_\_\_

Консультант нормоконтроль:  
доцент к.т.н., доцент  
Ган Анатолій Леонідович \_\_\_\_\_

Рецензент:  
ДП «НДПІ містобудування»  
Заступник Директора  
Володимир ЧУПРИНА \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2025 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Навчально- науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра геоінженерії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 184 «Гірництво»

Освітньо-професійна програма «Геоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувачки кафедри ГІ

\_\_\_\_\_Наталя ЗУЄВСЬКА

«\_\_»\_\_\_\_\_2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Кондрат'єву Владиславу Вікторовичу

1. Тема дисертації «Спорудження підземної частини житлової будівлі з обґрунтуванням конструкції кріплення котловану», науковий керівник дисертації Ган Олена Валеріївна, к.т.н., доцент затверджені наказом по університету від « » листопада 2025 р. №
2. Строк подання дисертації 9 грудня 2025 року.
3. Об'єкт дослідження – процес влаштування огорожувальних конструкцій котлованів в умовах ущільненої забудови.
4. Предмет дослідження – обґрунтування вибору параметрів пального кріплення для даних інженерно-геологічних умов..
5. Перелік завдань, які потрібно зробити: роаналізувати інженерно-геологічні та містобудівні умови будівельного майданчика; обґрунтувати вибір конструкції огороження котловану порівняно з аналогами; виконати геотехнічні розрахунки стійкості конструкції; розробити технологічну карту на влаштування паль та організацію робіт; представити бізнес-модель стартап-проекту..

6. Перелік графічно (ілюстративного) матеріалу: будівельний генеральний план; геологічні розрізи та схеми кріплення; технологічні карти; графік виконання робіт; презентація стартап-проекту.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Ган А.Л.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1		27.10-05.11.2024	
2		03.11-08.11.2024	
3		09.11-15.11.2024	
4		16.11-24.11.2024	
5		26.11-06.12.2024	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кондрат`єв В.В.  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ган О. В.  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є технологічні процеси влаштування огорожувальних конструкцій котлованів в умовах щільної міської забудови. Предметом дослідження виступає вибір та обґрунтування оптимального конструктивно-технологічного рішення кріплення котловану для будівництва житлового будинку по вул. Академіка Булаховського, 5 у Святошинському районі м. Києва. Метою роботи є підвищення економічної ефективності та технологічної безпеки «нульового циклу» будівництва шляхом впровадження адаптивної системи пальового кріплення, що враховує гідрогеологічні особливості майданчика.

У роботі проведено детальний аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, який характеризується наявністю шару насипних ґрунтів та глибоким заляганням ґрунтових вод на рівні 11–12 метрів. Виявлено критичні обмеження для ведення робіт, зокрема малу площу ділянки (0,3149 га) та безпосереднє сусідство з 14-поверховим і 10-поверховим житловими будинками, що унеможливорює використання вібраційних методів занурення конструкцій. На основі порівняльного техніко-економічного аналізу трьох варіантів огороження - шпунтової стінки з профілю Ларсена, монолітної «стіни в ґрунті» та буроін'єкційних паль із забірною - обґрунтовано недоцільність використання перших двох методів через їхню високу вартість, надлишкову герметичність для сухих ґрунтів та ризику динамічних впливів на існуючу забудову.

Основним науково-практичним результатом роботи є розробка та розрахункове обґрунтування технології влаштування огороження методом «Soldier Piles» (пальове кріплення із забірною). Запропоновано використання розрідженого ряду буроін'єкційних паль діаметром 620 мм, що виконуються методом CFA (Continuous Flight Auger), з кроком 1,5 м та заповненням міжпального простору дерев'яною дошкою. Виконані геотехнічні розрахунки стійкості та міцності конструкції підтвердили надійність запропонованого рішення для глибини котловану 4,0 м без необхідності використання анкерних систем, що спрощує виконання земляних робіт. Доведено, що це рішення дозволяє

зменшити обсяг бетону на влаштування огороження майже в три рази порівняно зі «стіною в ґрунті» та уникнути використання дороговартісних бентонітових розчинів.

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 73-ти найменувань, містить 25 рисунків і 5 таблиць, 3 додатків. Загальний об'єм роботи складає 68 сторінок.

**Ключові слова:** ОГОРОДЖЕННЯ КОТЛОВАНУ, БУРОІН'ЄКЦІЙНІ ПАЛІ, ТЕХНОЛОГІЯ СФА, ЩІЛЬНА ЗАБУДОВА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СТАРТАП-ПРОЄКТ, ГЕОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ.

### **ABSTRACT**

The object of the study is the technological processes involved in the construction of excavation support structures under conditions of dense urban development. The subject of the study is the selection and justification of an optimal structural and technological solution for excavation support for the construction of a residential building at 5 Academician Bulakhovskyi Street in the Sviatoshynskyi District of Kyiv. The aim of the work is to increase the economic efficiency and technological safety of the “zero cycle” of construction through the implementation of an adaptive pile support system that takes into account the hydrogeological features of the site.

The work provides a detailed analysis of the engineering and geological conditions of the construction site, which is characterized by the presence of a layer of filled soils and deep groundwater occurrence at a depth of 11–12 meters. Critical constraints for construction activities were identified, including the small site area (0.3149 ha) and the immediate proximity to 14-storey and 10-storey residential buildings, which makes the use of vibratory installation methods impossible. Based on a comparative technical and economic analysis of three excavation support options—Larssen sheet pile wall, monolithic diaphragm wall (“wall in soil”), and bored injection piles with lagging—the infeasibility of the first two methods was substantiated due to their high cost, excessive watertightness for dry soils, and the risk of dynamic impacts on the existing development.

The main scientific and practical result of the study is the development and analytical justification of an excavation support technology using the “Soldier Piles”

method (pile support with lagging). The use of a spaced row of bored injection piles with a diameter of 620 mm, constructed using the CFA (Continuous Flight Auger) method at a spacing of 1.5 m, with the inter-pile space filled with timber boards, is proposed. The performed geotechnical calculations of stability and structural strength confirmed the reliability of the proposed solution for an excavation depth of 4.0 m without the need for anchor systems, which simplifies earthworks. It has been demonstrated that this solution reduces the volume of concrete required for the support structure by almost three times compared to a diaphragm wall and eliminates the need for costly bentonite slurries.

The master's thesis consists of an introduction, five chapters, conclusions, and a list of references comprising 73 sources; it contains 25 figures, 5 tables, and 3 appendices. The total volume of the thesis is 68 pages.

**Keywords:** EXCAVATION SUPPORT, BORED INJECTION PILES, CFA TECHNOLOGY, DENSE URBAN DEVELOPMENT, ECONOMIC EFFICIENCY, STARTUP PROJECT, GEOTECHNICAL CALCULATIONS.

**Актуальність.** У сучасних умовах урбанізації та дефіциту вільних площ у великих містах спостерігається стійка тенденція до висотного будівництва з розвиненою підземною інфраструктурою (паркінги, технічні поверхи). Спорудження глибоких котлованів в умовах щільної міської забудови пов'язане з високими геотехнічними ризиками: можливістю деформації ґрунтового масиву, впливом на фундаменти сусідніх будівель та зміною гідрогеологічного режиму.

Тому обґрунтування надійних та економічно ефективних конструкцій кріплення котловану є критично важливим завданням геоінженерії. Розробка технології, яка забезпечує стійкість бортів виробки та безпеку проведення робіт при мінімізації впливу на навколишнє середовище, визначає актуальність даного дослідження.

**Мета і завдання дослідження.** полягає в обґрунтуванні оптимальної конструкції кріплення котловану та розробці технологічної схеми спорудження підземної частини житлової будівлі, що забезпечить стійкість ґрунтового масиву та безпеку виконання гірничо-будівельних робіт. Для досягненні даної мети

потрібно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівельного майданчика.
2. Виконати огляд існуючих методів кріплення котлованів (шпунтові огорожі, «стіна в ґрунті», буросічні палі) та вибрати найбільш доцільний варіант.
3. Розрахувати навантаження на огорожувальну конструкцію.
4. Виконати розрахунок стійкості кріплення та, за необхідності, підібрати анкерну систему або розпірні конструкції.
5. Розробити технологічну карту на виконання робіт із влаштування кріплення та розробки ґрунту.
6. Оцінити вплив будівництва на прилеглу забудову.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси спорудження підземної частини багатоповерхової житлової будівлі в умовах міської забудови.

**Предметом дослідження** є параметри конструкції кріплення котловану та закономірності напружено-деформованого стану системи «кріплення-ґрунтовий масив-підземна споруда»

**Методи дослідження.** Аналітичний метод: для аналізу літературних джерел, нормативної бази та інженерно-геологічних вишукувань. Розрахунково-конструктивний метод: для визначення зусиль у елементах кріплення. Метод математичного моделювання: «PLAXIS», «SCAD» та «LIRA-SAPR» для оцінки стійкості укосів та деформацій огороження методом скінченних елементів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практична цінність роботи полягає у розробці інженерного рішення щодо захисту котловану, яке готове до впровадження у реальному проекті. Запропонована конструкція кріплення дозволяє безпечно виконувати роботи на глибині 4м. Розроблена технологічна схема забезпечує зниження трудомісткості робіт та скорочення термінів будівництва. Результати розрахунків можуть бути використані проектними організаціями при проектуванні аналогічних об'єктів у схожих ґрунтових умовах.

**Структура та обсяг роботи:**

## Зміст:

<b>РОЗДІЛ 1. ІНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Ситуаційний план.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Фізико-географічні умови району .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки вишукування .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Фізико-механічні властивості ґрунтів.....</b>	<b>16</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ КРІПЛЕННЯ КОТЛОВАНУ .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Аналіз містобудівних та інженерно-геологічних умов будівельного майданчика .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування конструкції огороження .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Технологія шпунтового огороження котловану .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2. Монолітна «стіна в ґрунті» .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.3. Пальове кріплення із забіркою .....</b>	<b>31</b>
<b>РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА БУДІВНИЦТВА .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Архітектурні та конструктивні рішення .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Організація і технологія виконання основних робіт .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1 Підготовчий період.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2. Основний період.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3. Зведення конструкцій .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4. Прокладання зовнішніх інженерних мереж .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5. Земляні роботи.....</b>	<b>42</b>
<b>3.6. Геодезичні роботи .....</b>	<b>43</b>
<b>3.7. Виконання робіт в зимовий період.....</b>	<b>43</b>
<b>3.8. Обґрунтування тривалості будівництва .....</b>	<b>44</b>
<b>РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1. Вихідні дані та вибір розрахункової моделі.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2. Інженерний розрахунок стійкості та зусиль .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. Числове моделювання в ПК Plaxis 3D .....</b>	<b>47</b>
<b>4.4. Конструювання паль огороження .....</b>	<b>52</b>
<b>4.5. Висновок до розділу.....</b>	<b>52</b>
<b>РОЗДІЛ 5. СТАРТАП-ПРОЄКТ.....</b>	<b>53</b>

<b>ВИСНОВОК .....</b>	<b>76</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>77</b>

## РОЗДІЛ 1. ІНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ

### 1.1 Ситуаційний план

Ділянка будівництва житлового будинку розташована по вул. Академіка Булаховського, 5 у м. Києві. В геоморфологічному відношенні ділянка вишукувань приурочена до зандрової рівнини і розташована в південній частині Київського полісся. Рельєф ділянки рівний, спланований, з абсолютними відмітками від 154,8 до 153,2.

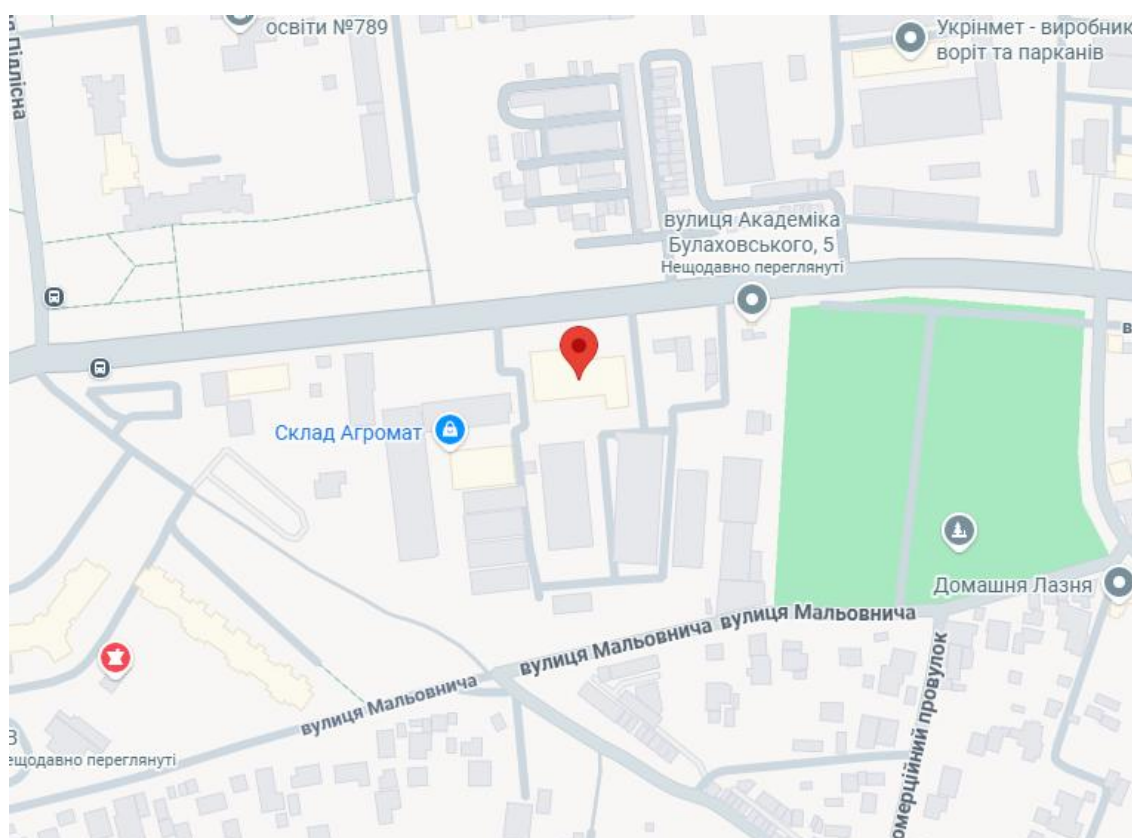


Рисунок 1.1 – Ситуаційний план ділянки будівництва

Загальна площа ділянки проектування становить 0,3149 га. Ділянка вільна від забудови, інженерні мережі, що попадають під забудову будинку підлягають винесенню відповідно до ТУ.

Загальний нахил рельєфу від 0 до 1 градуса в північно-східному напрямку. Рельєф носить природний хвилястий характер.

Ділянка проектування знаходиться в Святошинському районі м. Києва та межує:

-з заходу - одноповерхова споруда бойлерної та ТП 5581;

-з півдня - садибна забудова;

-зі сходу - житловий багатоповерховий будинок - 10 поверхів;

-з півночі - житловий багатоповерховий будинок - 14 поверхів

Будівництво передбачається в одну чергу.

З південної сторони ділянки передбачено в'їзд та виїзд на прибудинкову територію.

Будівля проектується автономною з інженерним забезпеченням.

Передбачено влаштування майданчиків для відпочинку дорослого населення, майданчиків для заняття спортом, майданчиків для ігор дітей дошкільного віку, з навколишнім озелененням вище вказаних майданчиків.

В підземній частині запроектовано підземний паркінг та передбачено споруду подвійного призначення із властивостями протирадіаційного укриття групи П-1. Виходи з паркінгів та автостоянки передбачено безпосередньо до житлово будинку. Також передбачені окремі виходи безпосередньо в дворовий простір.

Для пожежних автомобілів передбачені тимчасові проїзди шириною 3,5 м. Для постійного та тимчасового зберігання автомобілів мешканців житлових будинків передбачено будівництво підземного паркінгу та відкритих автостоянок.

## **1.2 Фізико-географічні умови району**

Святошинський район розташований у західній частині правобережжя Києва і характеризується специфічними геоморфологічними умовами, що обумовлені його знаходженням на межі двох фізико-географічних зон: Поліської низовини та північної частини Придніпровської височини. У геоструктурному відношенні територія приурочена до схилу Українського кристалічного щита, перекритого потужною товщею осадових порід. Рельєф району переважно рівнинний, слабохвилястий, місцями розчленований неглибокими ярами та балками, що є наслідком діяльності давніх льодовиків та ерозійних процесів. Абсолютні відмітки поверхні коливаються в межах 150–180 метрів над рівнем моря, що створює сприятливі умови для поверхневого стоку атмосферних вод, однак на окремих

знижених ділянках можливе локальне заболочування або підтоплення, особливо в періоди інтенсивних опадів чи весняного сніготанення.

Клімат досліджуваного району є помірно-континентальним з м'якою зимою та теплим літом, що є типовим для зони Мішаних лісів. Середньорічна температура повітря становить близько  $+8,0...+9,0$  °С, при цьому найтеплішим місяцем є липень із середньою температурою  $+20,5...+22,0$  °С, а найхолоднішим - січень із показниками  $-3,5...-4,5$  °С. Абсолютний мінімум температур може досягати  $-32$  °С, а максимум -  $+39$  °С, що необхідно враховувати при виборі класу морозостійкості будівельних матеріалів та проектуванні систем опалення і кондиціонування. Глибина промерзання ґрунту, яка є критичним параметром для проектування фундаментів та огороження котлованів, нормативно становить 100–120 см, проте реальна глибина промерзання в останні десятиліття зменшилася і часто не перевищує 60–80 см через загальні кліматичні зміни та антропогенний тепловий вплив мегаполіса.

Режим зволоження території характеризується як достатній, із середньорічною кількістю опадів на рівні 600-650 мм. Більша частина опадів (близько 70%) випадає в теплий період року у вигляді злив, що створює пікові навантаження на зливову каналізацію та може провокувати розмив бортів котловану під час будівництва. Відносна вологість повітря є високою в осінньо-зимовий період (80-85%) і знижується навесні та влітку до 60-65%. Вітровий режим визначається переважанням західних та північно-західних вітрів із середньою швидкістю 2,5–3,0 м/с, хоча можливі шквалисті посилення до 15–20 м/с, що слід враховувати при розрахунку вітрових навантажень на кранове обладнання та тимчасові споруди під час ведення будівельних робіт.

Гідрографічна мережа Святошинського району представлена переважно системою ставків на річці Нивка (Борщагівка), яка є правою притокою Ірпеня, а також окремими озерами, такими як озеро Святошинське та Верховина. Річка Нивка протікає в південній частині району, утворюючи каскад ставків (Святошинські ставки), які суттєво впливають на гідрогеологічну обстановку прилеглих територій. Живлення водойм змішане, з переважанням снігового та

дошового, а також значною часткою підземного стоку. Для будівельних майданчиків, розташованих у безпосередній близькості до долин річки або озер, характерний високий рівень ґрунтових вод, який може підніматися до відміток 1,5–3,0 м від поверхні землі, вимагаючи застосування надійних систем гідроізоляції та водовідведення при спорудженні підземних частин будівель.

### **1.3 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки вишукування**

У геоструктурному відношенні ділянка вишукувань у Святошинському районі приурочена до північно-східного схилу Українського кристалічного щита, поверхня якого занурюється тут на значну глибину і перекрита потужною товщею осадових порід мезозою та кайнозою. У геоморфологічному плані територія розташована в межах правобережної частини Київського лесового плато, яке в цьому районі має слабкий нахил у бік долини річки Ірпінь та її приток (р. Нивка), поступово переходячи до ландшафтів зандрових рівнин. Рельєф місцевості переважно спокійний, рівнинний, проте значною мірою техногенно-змінений внаслідок багаторічної забудови, планування територій та прокладання інженерних комунікацій. Природні форми рельєфу (яри, балки) здебільшого засипані або нівельовані, що призвело до формування специфічного шару насипних ґрунтів змінної потужності.

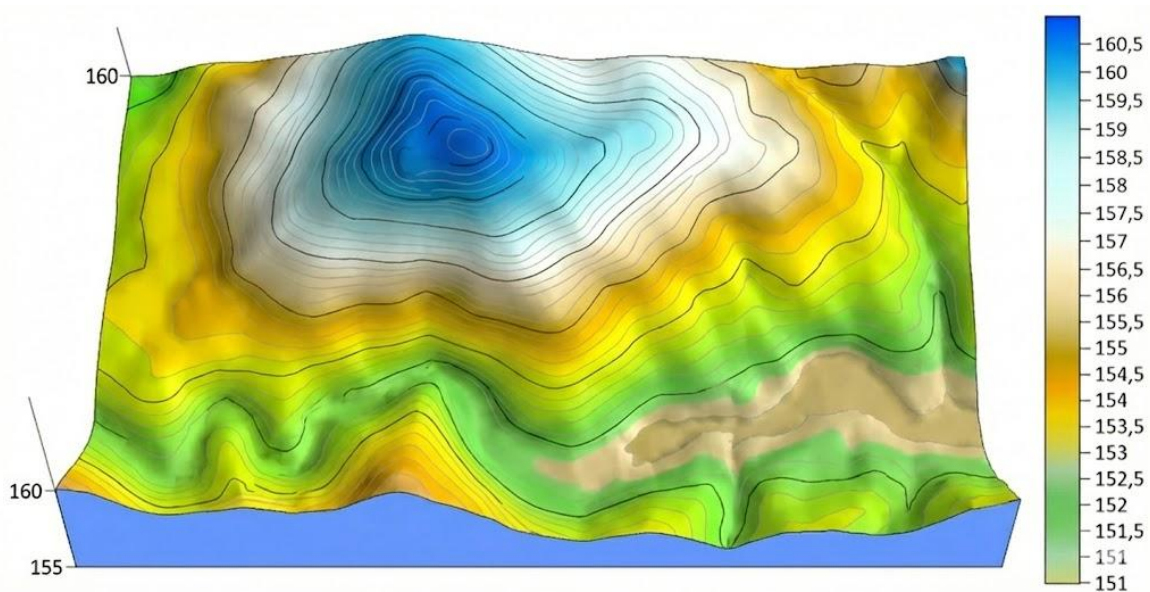
Геологічна будова ділянки до глибини розвідування (зазвичай 20-30 метрів для цивільного будівництва) характеризується наявністю четвертинних відкладів, що залягають на розмитій поверхні палеогенових порід. Верхня частина розрізу представлена сучасними техногенними утвореннями (tH), які складаються з переміщених пісків, супісків, будівельного сміття та гумусованих домішок. Потужність цього шару є вкрай нерівномірною і може коливатися від 1,0 до 5,0 метрів і більше, особливо в місцях засипаних ярів. Підстилаються насипні ґрунти еолово-делювіальними відкладами (vdP), представленими лесоподібними суглинками та супісками палево-жовтого кольору. Ці ґрунти є специфічними для правобережжя Києва: у природному заляганні вони макропористі, тверді або напівтверді, проте при замочуванні схильні до втрати міцності та просадки під дією

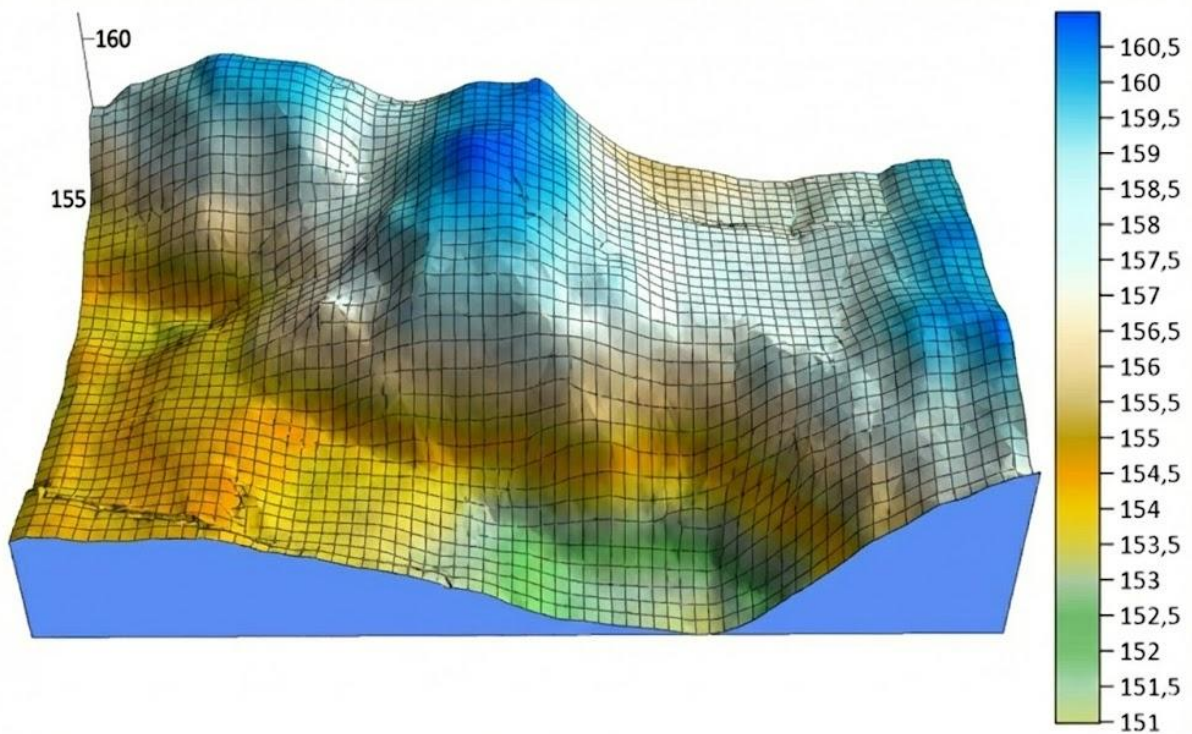
власної ваги або зовнішніх навантажень. Віднесення ґрунтових умов до I або II типу за просадністю є критичним фактором при виборі типу фундаменту та засобів кріплення котловану.

Нижче лесовидної товщі, як правило, залягають моренні або флювіогляціальні відклади (f,glP), представлені пісками різної зернистості (від пилюватих до середніх), часто з прошарками суглинків. У глибших горизонтах, що можуть бути розкриті при влаштуванні глибоких котлованів або пальових фундаментів, залягають корінні породи палеогену - палеоценові та еоценові глини (київська свита) або піски бучацької серії. Глини київської свити («спондилові глини») є водоупором і характеризуються високими показниками щільності, слугуючи надійною основою для важких споруд, однак вони схильні до набухання. Їх покрівля в Святошинському районі має нерівну поверхню, що обумовлено ерозійними процесами давніх річкових систем.

Гідрогеологічні умови ділянки визначаються наявністю декількох водоносних горизонтів. Перший від поверхні водоносний горизонт має спорадичний характер і формується переважно в товщі насипних ґрунтів та прошарках пісків у межах лесової товщі. Живлення цього горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та витоків з водонесучих комунікацій, що робить його режим нестабільним, а рівень - залежним від сезону та техногенного навантаження. Постійний горизонт ґрунтових вод, приурочений до надморенних або підморенних пісків, залягає на глибинах, що можуть варіюватися від 2-3 метрів у понижених місцях (долини р. Нивка, озерні улоговини) до 10-15 метрів і більше на підвищених ділянках плато. Підземні води, як правило, безнапірні, проте можлива поява місцевого напору в разі перекриття водоносного шару глинистими лінзами. За хімічним складом води здебільшого гідрокарбонатно-кальцієві, можуть проявляти слабку сульфатну агресивність до бетону нормальної проникності, що вимагає застосування сульфатостійких цементів або вторинного захисту конструкцій.

Фізико-механічні властивості ґрунтів характеризуються значною мінливістю. Насипні ґрунти є неоднорідними, незлешалими і не можуть слугувати надійною основою без спеціальної підготовки. Лесоподібні суглинки в сухому стані мають високий модуль деформації та значне зчеплення, що дозволяє короткочасно утримувати вертикальні укоси котловану, проте при зволоженні їхні характеристики різко погіршуються (кут внутрішнього тертя та зчеплення знижуються в рази), що створює ризик раптового обвалення бортів виробки. Піщані ґрунти, що залягають нижче, за умови їхньої щільності, є доброю основою, але в разі водонасичення перетворюються на пливуні, що суттєво ускладнює земляні роботи та вимагає застосування методів водозниження або шпунтового огородження. Сейсмічність району будівництва, згідно з картами ЗСР-2004, для ґрунтів другої категорії за сейсмічними властивостями оцінюється у 5-6 балів, що не вимагає спеціальних антисейсмічних заходів для звичайних житлових будівель, проте має бути враховано при розрахунках стійкості висотних споруд.





Рисунки 1.1 - Поперечний переріз досліджуваної ділянки

#### 1.4 Фізико-механічні властивості ґрунтів

На підставі технічного завдання в грудні 2021р. були виконані додаткові вишукування для уточнення інженерно-геологічних умов будівництва житлового будинку по вул. Академіка Булаховського, 5 у м. Києві.

Майданчик по категорії складності інженерно - геологічних умов (відповідно до ДБН А.2.1-1-2014) відноситься до II-ї (середньої) категорії.

В геологічній будові майданчика беруть участь водно-льодовикові відклади, представлені пісками, супісками та суглинками, з поверхні перекриті насипним ґрунтом. В результаті обробки даних статичного зондування, бурових робіт і лабораторних

досліджень в геологічній будові майданчика були виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

ІГЕ-1а – Насипний шар – пісок з включенням щебеню та будсміття до 10%, який злежався;

ІГЕ-2 - Супісок флювіогляціальний, твердий, сірувато-жовтий;

ПЕ-3д – Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, світло-жовтий;

ПЕ-4 - Суглинок флювіогляціальний, твердий, темно-сірий;

ПЕ-5д - Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню

водонасичення, сірувато-жовтий, світло-коричневий;

ПЕ-6 - Суглинок флювіогляціальний, від тугопластичного до напівтвердого, з лінзами піску дрібного, коричневий;

ПЕ-7д - Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, світло-коричневий;

ПЕ-8 - Суглинок флювіогляціальний, від м'яко- до тугопластичного, темно жовтий, світло-коричневий;

ПЕ-9д - Пісок флювіогляціальний, дрібний, щільний, від середнього ступеню водонасичення до насиченого водою, темно-сірий, світло-сірий;

ПЕ-10 - Суглинок флювіогляціальний, тугопластичний, світло-сірий;

ПЕ-11д - Пісок флювіогляціальний, дрібний, щільний, насичений водою, світло сірий;

ПЕ-12 - Суглинок флювіогляціальний, м'якопластичний, сірий, світло-сірий;

ПЕ-13д - Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, насичений водою, світло-сірий;

ПЕ-14- Суглинок флювіогляціальний, від тугопластичного до напівтвердого, сірий, темно-сірий.

Ґрунтові води залягають на відмітках 141.6-142.0м. Сезонний підйом рівня 0,8м від зафіксованого на період вишукувань. Звертаємо увагу, що під час буріння в свердл. 1,2 на суглинках ПЕ-4 виявлена підвищена вологість, очевидно пов'язана з витіками з водонесучих мереж.

Враховуючи можливе утворення тимчасових водонесучих горизонтів, необхідно врахувати вертикальну і горизонтальну гідроізоляцію підземної частини будівель.

Для даних інженерно-геологічних вишукувань можливе застосування фундаментів на природній основі або палевого типу фундаментів. В якості основи для палей рекомендовано піски ІГЕ-9д.

При виборі палевого типу фундаменту перед початком будівництва рекомендовано виконати випробування натурних палей.

Нормативна глибина промерзання ґрунтів 0,8м.

Номер ІГЕ	Вологість, $W$ , д.о.	Показник текучості, $I_L$ , д.о.	Коефіцієнт пористості, $e$ , д.о.	Коефіцієнт водонасичення, $S_r$ , д.о.	Щільність, $z/cm^3$		Кут внутрішнього тертя, градус.		Питома зчеплення $C$ , кПа		Модуль деформації, $E$ , МПа	Умовний опір $R_a$ , кПа
					$\rho_{n,II}$	$\rho_I$	$\varphi_{n,II}$	$\varphi_I$	$c_{n,II}$	$c_I$		
2	0.406	>1	1.092	1.00	1.81	1.77	11	9	12	8	5	-
3	0.220	>1	0.686	0.85	1.92	1.88	20	17	11	7	10	190
4	0.234	-	0.677	0.92	1.95	1.91	29	26	3	2	17	170
5	0.241	0.78	0.668	0.97	1.99	1.95	19	17	22	15	12	180
6	0.216	-	0.572	1.00	2.05	2.01	36	33	2	1	27	320
7	0.227	-	0.613	0.98	1.98	1.94	33	30	2	1	24	-
8	0.223	0.88	0.655	0.91	1.97	1.93	21	18	12	8	12	-
9	0.202	-	0.581	0.92	2.01	1.97	34	31	3	2	26	-

Таблиця 1.2 – Нормативні та розрахункові характеристики фізико-механічних властивостей ґрунтів

# ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗРІЗ 3-3 ПОСАДКА

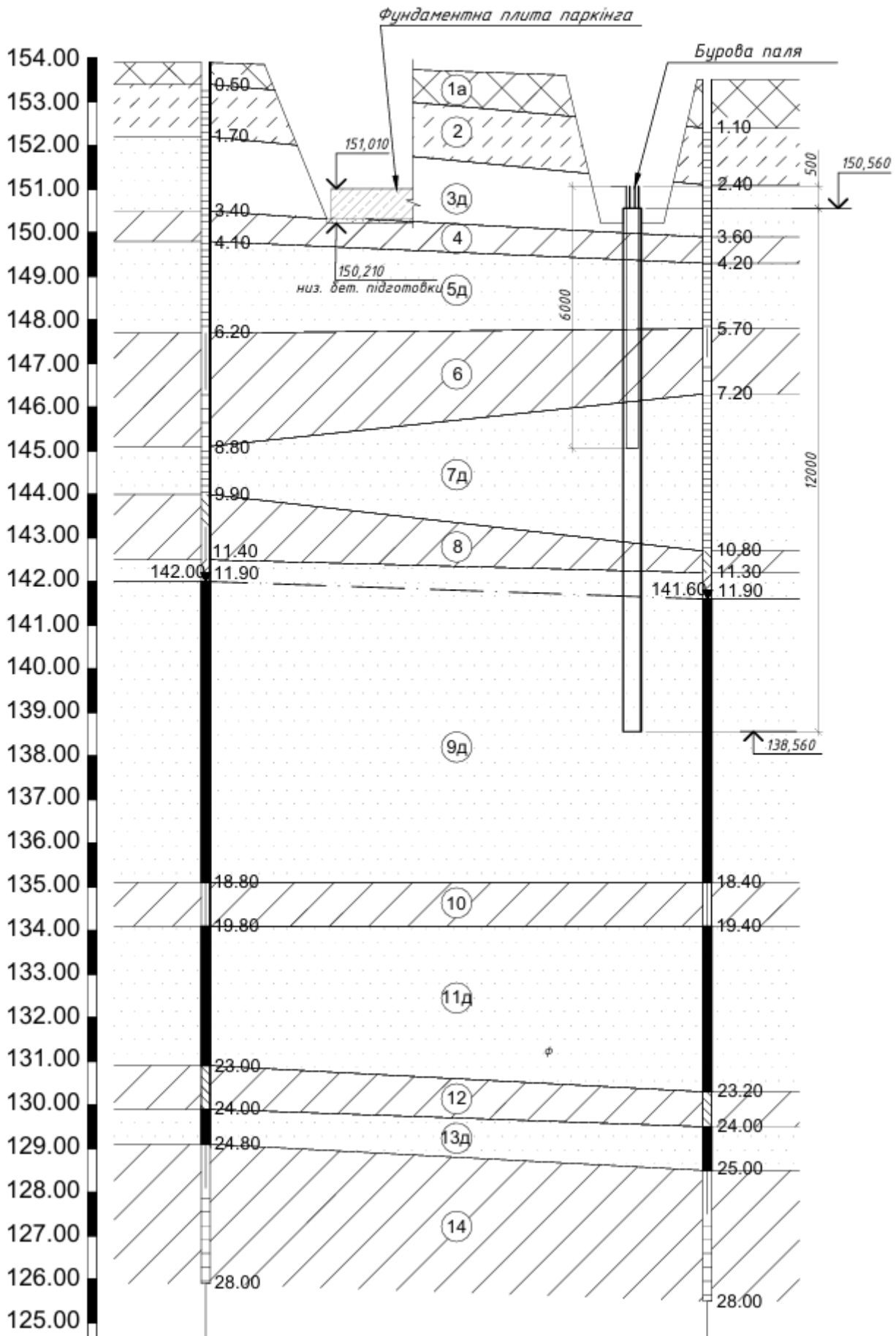
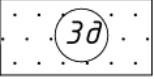
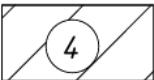



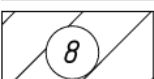
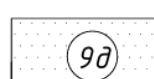
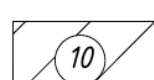
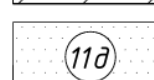

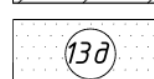



Рисунок 1.3 – Інженерно-геологічний розріз за лінією III-III

### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, світло-жовтий
	— Суглинок флювіогляціальний, твердий, темно-сірий
	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, сірувато-жовтий, світло-коричневий
	— Суглинок флювіогляціальний, від тугопластичного до напівтвердого, з лінзами піску дрібного, коричневий
	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, світло-коричневий
	— Суглинок флювіогляціальний, від м'яко до тугопластичного темно-жовтий, світло-коричневий
	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, щільний, від середнього ступеню водонасичення до насиченого водою, темно-сірий, світло-сірий
	— Суглинок флювіогляціальний, тугопластичний, світло-сірий
	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, щільний, насичений водою, світло-сірий
	— Суглинок флювіогляціальний, м'якопластичний сірий, світло-сірий
	— Пісок флювіогляціальний, дрібний, середньої щільності, насичений водою, світло-сірий
	— Суглинок флювіогляціальний, від тугопластичного до напівтвердого, сірий, темно-сірий

Рисунки 1.4 – Умовні позначення

## РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ КРІПЛЕННЯ КОТЛОВАНУ

### 2.1. Аналіз містобудівних та інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

Вибір раціональної технологічної схеми влаштування огороження котловану для будівництва житлового будинку по вулиці Академіка Булаховського, 5, базується на детальному аналізі сукупності інженерно-геологічних, гідрогеологічних та містобудівних умов майданчика. Першочерговим фактором, що визначає стратегію влаштування підземної частини, є розташування об'єкта в умовах ущільненої міської забудови. Згідно з генеральним планом та матеріалами проєкту організації будівництва, майданчик межує з існуючими капітальними спорудами: з півночі розташований 14-поверховий житловий будинок, зі сходу - 10-поверховий житловий будинок, а із заходу - споруди інженерної інфраструктури (бойлерна та трансформаторна підстанція). Така близькість існуючих будівель, що створюють значне додаткове навантаження на ґрунтовий масив, у поєднанні з обмеженою площею земельної ділянки, категорично виключає можливість розробки котловану у природних укосах. Призма обвалення ґрунту при вільному укосі неминуче зачепила б фундаменти сусідніх споруд, що могло б призвести до їх деформацій або втрати стійкості, тому єдиним можливим рішенням є влаштування жорсткої вертикальної огорожувальної конструкції.

Аналіз інженерно-геологічної будови ділянки, виконаний на основі звіту про вишукування, показує, що в межах глибини розробки котловану (яка становить близько 3,5-4,0 метрів від денної поверхні) залягають переважно насипні ґрунти (ІГЕ-1а) потужністю від 1,5 до 4,5 метрів та супіски флювіогляціальні тверді (ІГЕ-2). Насипні ґрунти характеризуються неоднорідністю складу, включеннями будівельного сміття та низькими характеристиками зчеплення, що робить стінки котловану нестійкими без додаткового кріплення.

Водночас, гідрогеологічна ситуація є сприятливою для ведення робіт: прогнозований рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині понад 11 метрів (абсолютні відмітки 141,60-142,00 м), тоді як дно котловану проєктується на відмітках близько 150,50 м. Цей факт - відсутність ґрунтових вод у зоні земляних робіт - є ключовим, оскільки він дозволяє відмовитися від дорогих водонепроникних конструкцій та застосувати більш економічні рішення.

## 2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування конструкції огороження.

### 2.2.1. Технологія шпунтового огороження котловану

Шпунтові огорожі використовуються для того, щоб захистити котловани. Вони являють собою сталеві або дерев'яні забиті в ґрунт палі.

Технологія влаштування шпунтової огорожі передбачає створення суцільної водонепроникної стінки шляхом занурення у ґрунт готових металевих елементів, найчастіше профілю Ларсена або металевих труб із замковими з'єднаннями. Для умов будівельного майданчика по вул. Академіка Булаховського, 5, цей метод розглядався як один із можливих варіантів утримання укосів котловану глибиною близько 3,5–4,0 метрів. Процес влаштування такої огорожі зазвичай включає попереднє планування траси та безпосереднє занурення елементів на розрахункову глибину, яка повинна перевищувати глибину котловану для забезпечення защемлення та стійкості проти перекидання під тиском ґрунту.

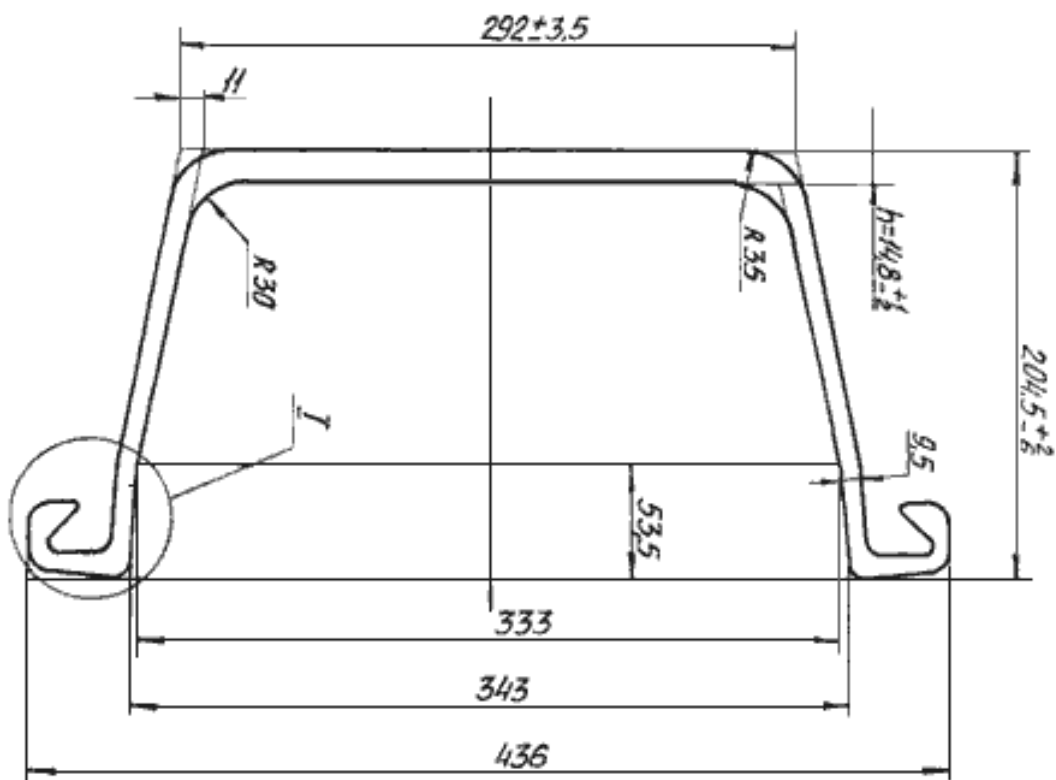


Рис. 2.1 – Шпунт Ларсена

Головною технологічною проблемою застосування цього методу на даній ділянці є складність занурення шпунта через наявність специфічних ґрунтових умов. Згідно з матеріалами інженерно-геологічних вишукувань, верхня частина розрізу представлена насипним шаром (ІГЕ-1а) потужністю до 4,5 метрів, який містить до 10% включень будівельного сміття та щебеню. Наявність твердих включень у товщі ґрунту створює значний опір при зануренні профілю, що часто призводить до деформації замків шпунта або вимагає виконання додаткових дороговартісних робіт, таких як лідерне буріння свердловин для полегшення проходження конструкцій крізь техногенний шар.

Критичним недоліком шпунтової огорожі в контексті даного проєкту є вплив методу занурення на оточуючу забудову. Найпоширеніший та найдешевший спосіб — віброзанурення — генерує значні динамічні навантаження та вібрацію, що поширюється ґрунтовим масивом. Враховуючи, що будівельний майданчик безпосередньо межує з 14-поверховим та 10-поверховим житловими будинками, а також спорудою бойлерної, застосування вібраційних методів несе неприпустимо високі ризики виникнення нерівномірних осадок фундаментів сусідніх споруд та розкриття тріщин у їхніх несучих конструкціях. Альтернативний метод — статичне вдавлювання — є значно безпечнішим для оточення, проте вимагає використання громіздких вдавлюючих установок, для маневрування яких на обмеженій площі ділянки (0,3149 га) фізично недостатньо місця.

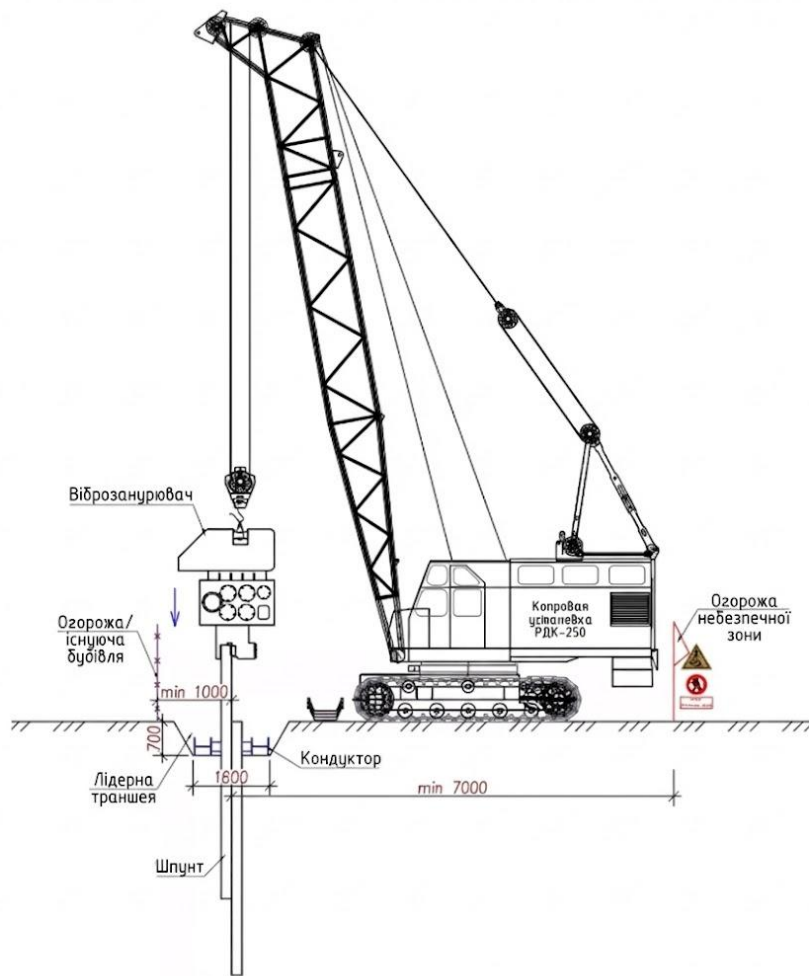


Рис. 2.2. - Схема технологічного процесу заглиблення шпунта.

З економічної та гідрогеологічної точок зору використання шпунта Ларсена для цього об'єкта є недоцільним. Основною перевагою шпунтової стінки є її герметичність, що дозволяє відсікати ґрунтові води. Однак, згідно з даними вишукувань, рівень ґрунтових вод на майданчику залягає на глибині понад 11 метрів (абсолютні відмітки 141.6–142.0 м), тоді як дно котловану проєктується на відмітці близько 150.5 м. Оскільки котлован розробляється в «сухих» ґрунтах значно вище водоносного горизонту, функція водонепроникності є зайвою, а висока вартість металевого прокату робить цей варіант економічно програшним у порівнянні з бетонними або деревинно-ґрунтовими конструкціями, які не вимагають використання дорогого металу.

Для перевірки технічної можливості та економічної доцільності використання металевого шпунта Ларсена як огорожувальної конструкції котловану було виконано перевірочний розрахунок за першою групою граничних

станів. Розрахункова схема була прийнята у вигляді консольної стінки, оскільки застосування розпірних систем на глибині до 4 метрів значно ускладнює роботу землерийної техніки, а влаштування ґрунтових анкерів неможливе через обмеженість земельної ділянки та наявність сусідніх фундаментів.

Вихідними даними для розрахунку слугували глибина котловану 4,0 метри та фізико-механічні характеристики ґрунтів, отримані в ході інженерно-геологічних вишукувань: для верхнього шару насипних ґрунтів та супісків питома вага прийнята  $18,0 \text{ кН/м}^3$ , а кут внутрішнього тертя —  $26$  градусів; для підстиляючого шару дрібних пісків ці показники становлять  $19,0 \text{ кН/м}^3$  та  $30$  градусів відповідно. Також враховано нормативне навантаження на брівці котловану від роботи будівельних механізмів та складування матеріалів у розмірі  $20 \text{ кН/м}^2$ .

Виконаний аналітичний розрахунок активного та пасивного тиску ґрунту за теорією Кулона показав, що для забезпечення стійкості консольної стінки в даних ґрунтових умовах конструкція зазнає значних навантажень. Розрахунковий коефіцієнт активного тиску склав  $0,39$ , а пасивного опору —  $2,56$ . В результаті дії цих сил максимальний згинальний момент у тілі шпунтової палі досягає критичного значення  $388 \text{ кН}\cdot\text{м}$  на один погонний метр стінки. Для сприйняття такого зусилля, при розрахунковому опорі сталі  $240 \text{ МПа}$ , необхідний момент опору поперечного перерізу шпунта повинен складати не менше  $1616 \text{ см}^3/\text{м}$ . Такому показнику відповідають лише важкі та дороговартісні профілі типу Ларсен L5-UM або їхні аналоги (GU 22N), вага яких перевищує  $100\text{--}110 \text{ кг}$  на квадратний метр стінки, а необхідна глибина занурення для забезпечення защемлення становить  $9\text{--}10$  метрів.

На основі отриманих розрахункових даних використання шпунтової огорожі було визнано неефективним та потенційно небезпечним рішенням з низки причин. По-перше, застосування важкого металевого профілю для утримання котловану глибиною всього 4 метри є економічно необґрунтованим, оскільки вартість металу в даному випадку в рази перевищує вартість залізобетонних пальових конструкцій. По-друге, головна технологічна перевага шпунта Ларсена — герметичність

замкових з'єднань та водонепроникність — у даному проєкті є абсолютно зайвою, оскільки рівень ґрунтових вод на майданчику залягає на глибині близько 11 метрів, що на 7 метрів нижче дна проєктованого котловану.

Крім економічної складової, критичним фактором відмови від даного методу є високі технологічні ризики. Занурення 10-метрових шпунтових паль у щільні піски та тверді суглинки вимагає застосування потужного віброзанурювального обладнання. Враховуючи екстремальну близькість будівельного майданчика до існуючих 14-поверхового та 10-поверхового житлових будинків, вібраційні навантаження можуть призвести до ущільнення ґрунту під їхніми фундаментами, викликати нерівномірні осідання та появу тріщин у несучих конструкціях, що категорично неприпустимо для об'єкта класу наслідків СС2.

Використання альтернативного методу статичного вдавлювання ускладнюється логістичними проблемами, оскільки маневрування громіздких вдавлюючих установок на тісній ділянці площею 0,31 га є фізично неможливим. Таким чином, варіант шпунтової огорожі відхилено на користь більш безпечних та економічних буроін'єкційних паль.

### **2.2.2. Монолітна «стіна в ґрунті»**

Технологія влаштування огороження методом «стіна в ґрунті» являє собою спорудження суцільної залізобетонної конструкції безпосередньо в траншеї, стінки якої утримуються від обвалення за допомогою тиксотропного глинистого (бентонітового) розчину. Цей метод дозволяє створити максимально жорстку та водонепроникну огорожувальну конструкцію, яка здатна сприймати значні горизонтальні навантаження від ґрунту та існуючої забудови, а також слугувати несучою стіною підземної частини будівлі. Для умов даного будівельного майданчика цей варіант розглядався як альтернатива пал'ювим методам, проте детальний аналіз інженерно-геологічних умов виявив ряд факторів, що роблять його застосування нераціональним.

Основним аргументом проти використання «стіни в ґрунті» є гідрогеологічна ситуація на ділянці: згідно з матеріалами вишукувань, рівень ґрунтових вод залягає

на глибині понад 11 метрів , тоді як глибина котловану не перевищує 4 метрів. Головна перевага даної технології - відсікання ґрунтових вод - у цьому випадку залишається незатребуваною, оскільки розробка ґрунту ведеться у «сухому» масиві, що робить витрати на забезпечення герметичності економічно невиправданими.

Значною перешкодою для реалізації цього методу є організаційно-технологічні обмеження, пов'язані з розмірами та конфігурацією будівельного майданчика. Технологічний процес влаштування «стіни в ґрунті» вимагає розміщення на території спеціалізованого комплексу для приготування, зберігання та регенерації бентонітового розчину (бентонітового вузла), а також майданчиків для в'язання та монтажу громіздких арматурних каркасів.

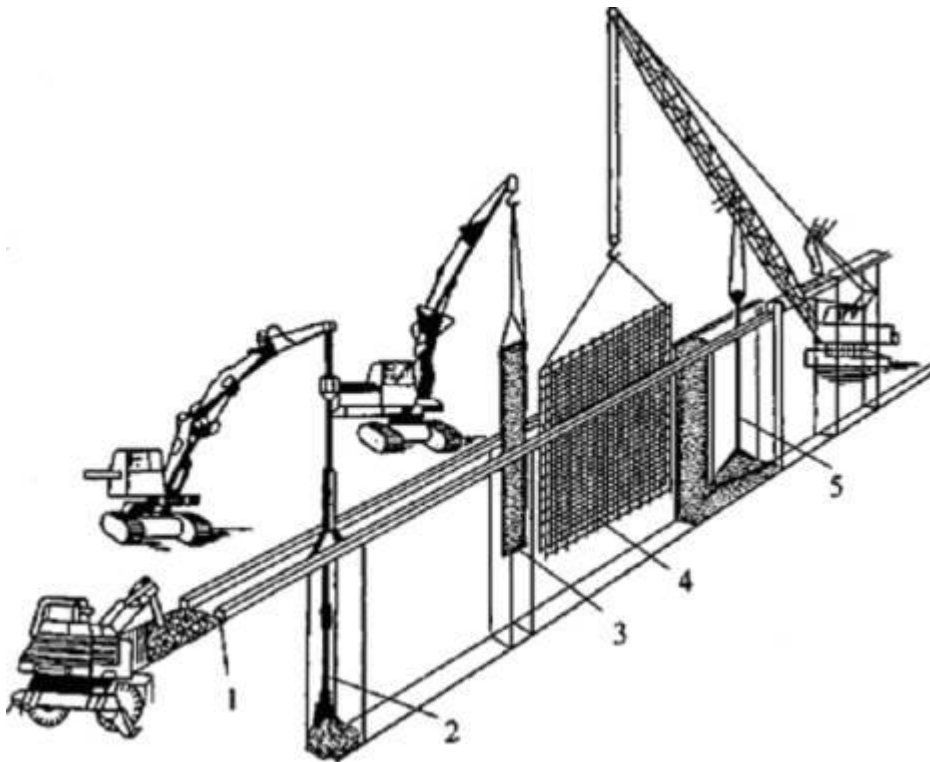


Рис. 2.3. - Технологічна схема пристрою «стіни в ґрунті»:

1 - влаштування форшахти (зміцнення верху траншеї); 2 - риття траншеї на довжину захватки; 3 - встановлення обмежувачів (перемичок між захватками); 4 - монтаж арматурних каркасів; 5 - бетонування на захватці методом вертикально переміщеної труби

Враховуючи вкрай обмежену площу ділянки (0,3149 га) та щільне оточення існуючими будівлями та інженерними спорудами, розміщення такого масштабного технологічного комплексу є фізично неможливим без порушення норм організації будівництва та блокування внутрішньомайданчикових проїздів. Крім того, робота грейферних установок, що використовуються для розробки траншей, може бути ускладнена наявністю будівельного сміття та залишків старих фундаментів у верхньому насипному шарі ґрунту.

З економічної точки зору, варіант «стіна в ґрунті» є найбільш витратним серед усіх розглянутих методів кріплення для котлованів малої глибини. Висока вартість робіт обумовлена значними обсягами земляних та бетонних робіт, використанням дороговартісних матеріалів (бентоніту), а також необхідністю залучення вузькоспеціалізованої техніки та кваліфікованого персоналу. Порівняно з обраним варіантом пальового кріплення із забіркою, «стіна в ґрунті» потребує в кілька разів більших капіталовкладень, що не компенсується її експлуатаційними перевагами в умовах відсутності гідростатичного тиску. Також слід врахувати, що проектом вже передбачено використання бурової техніки для влаштування пальових фундаментів будівлі, тому застосування принципово іншої технології для огороження призвело б до необхідності мобілізації додаткового парку машин, що суттєво збільшило б загальний кошторис та терміни виконання робіт нульового циклу.

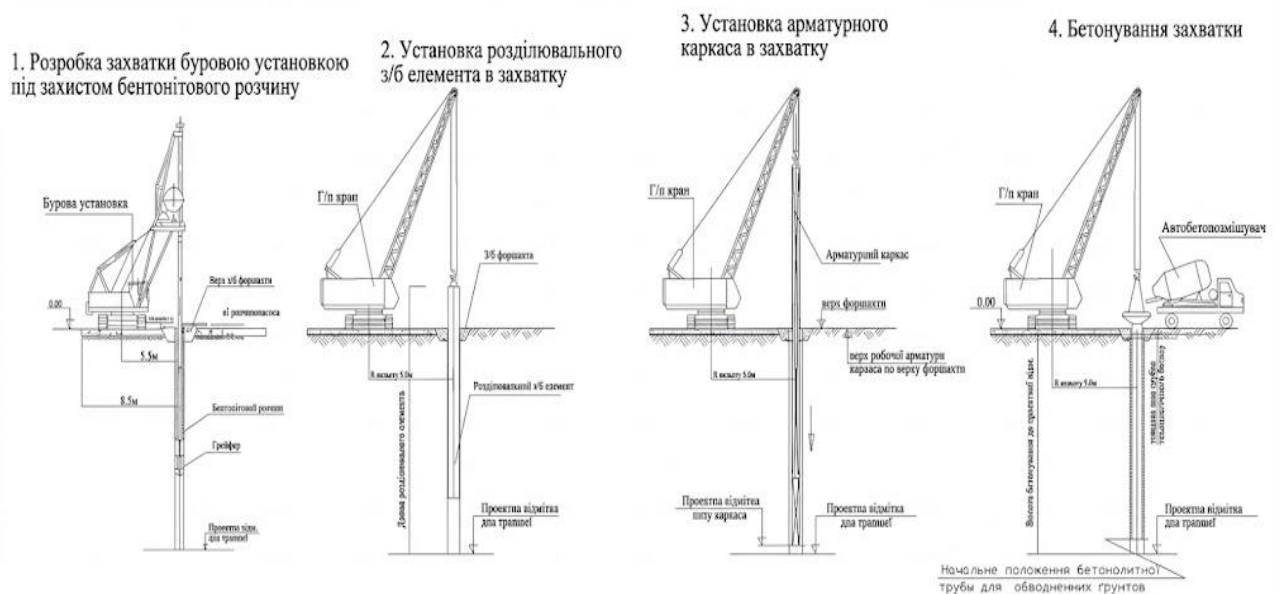


Рис. 2.4. – Влаштування монолітної стіни.

Для об'єктивної оцінки ефективності застосування технології «стіна в ґрунті» було проведено порівняльний розрахунок матеріаломісткості даної конструкції відносно прийнятого у проєкті варіанту пальового огороження. Розрахунок виконувався для умовної ділянки огорожі довжиною 1 погонний метр при глибині котловану  $H_{exc} = 4,0$  м та необхідній глибині заглиблення конструкції для забезпечення стійкості (защемлення)  $t = 5,0$  м, що дає сумарну висоту конструкції  $H_{tot} = 9,0$  м. Технологічні вимоги до влаштування траншей грейферним способом диктують мінімальну товщину стіни  $b_{dw} = 600$  мм.

Виходячи з цих геометричних параметрів, об'єм бетону ( $V_{dw}$ ) на один погонний метр «стіни в ґрунті» визначається за формулою:  $V_{dw} = L \cdot b_{dw} \cdot H_{tot}$ , де  $L = 1,0$  м. Підставивши значення, отримуємо:  $V_{dw} = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 9,0 = 5,4$  м<sup>3</sup> бетону на 1 п.м. огороження. Паралельно було розраховано матеріаломісткість прийнятого варіанту — буросічних паль діаметром  $D = 620$  мм, що влаштовуються з кроком  $S = 1,5$  м (розріджений ряд).

Площа поперечного перерізу однієї палі розраховується як  $A_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,62^2}{4} \approx 0,302$  м<sup>2</sup>. Об'єм бетону на один погонний метр такої огорожі ( $V_p$ ) визначається з урахуванням кроку паль за формулою:  $V_p = \frac{A_p \cdot H_{tot}}{S}$ . Підставивши значення, отримуємо:  $V_p = \frac{0,302 \cdot 9,0}{1,5} \approx 1,81$  м<sup>3</sup>. Порівняння отриманих результатів ( $V_{dw} = 5,4$  м<sup>3</sup> проти  $V_p = 1,81$  м<sup>3</sup>) демонструє, що варіант «стіна в ґрунті» призводить до перевитрати бетонної суміші рівно у 3 рази на кожному метрі периметра котловану, що є прямим доказом економічної неефективності.

Крім прямих витрат на бетон, критичним фактором здорожчання є необхідність використання бентонітової суспензії для утримання стінок траншеї. Об'єм необхідного розчину ( $V_{slurry}$ ) дорівнює геометричному об'єму траншеї плюс технологічні втрати (коефіцієнт  $k_{loss} \approx 1,2$ ), тобто  $V_{slurry} = V_{dw} \cdot k_{loss} = 5,4 \cdot 1,2 = 6,48$  м<sup>3</sup> на 1 п.м. Вартість приготування, очищення та подальшої утилізації цього об'єму специфічного розчину, разом із амортизацією заводу з його приготування, складає до 30-40% від загальної вартості робіт. У варіанті з палями,

що виконуються методом CFA (безперервний шнек), витрати на промивочні розчини відсутні повністю, оскільки свердловина підтримується ґрунтом, що знаходиться між лопатями шнека, та надлишковим тиском бетону при бетонуванні. З позиції статичного розрахунку, використання суцільної стіни товщиною 600 мм для котловану глибиною 4 м є конструктивним надмірністю. Момент інерції перерізу ( $I_{dw}$ ) суцільної стіни на 1 п.м. складає  $I_{dw} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1,0 \cdot 0,6^3}{12} = 0,018 \text{ м}^4$ . Розрахунковий згинальний момент від активного тиску ґрунту на глибині 4 м не перевищує 150-200 кН·м, для сприйняття якого достатньо значно меншої жорсткості, яку забезпечують окремі палі.

Головна функціональна перевага «стіни в ґрунті» — здатність сприймати гідростатичний тиск води  $P_w = \gamma_w \cdot z_w$ . Оскільки на даному майданчику рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині  $z_w \approx 11 \text{ м}$  (що значно нижче дна котловану), гідростатичний тиск на огороження дорівнює нулю ( $P_w = 0$ ).

Таким чином, влаштування герметичної та дороговартісної конструкції в сухих ґрунтах є технічно безглуздим рішенням, оскільки її основна захисна функція залишається невикористаною.

### **2.2.3. Пальове кріплення із забірною**

Вихідні параметри для розрахунку

Глибина котловану ( $H_{exc}$ ): 4,0 м.

Характеристики паль: Діаметр ( $D$ ): 620 мм (уніфіковано з фундаментними палями).

Крок паль ( $S$ ): 1,5 м.

Матеріал: Бетон класу C20/25 (розрахунковий опір  $R_b = 14,5 \text{ МПа}$ )

Арматура A500C ( $R_s = 435 \text{ МПа}$ ).

Характеристики ґрунтів:

Шар 1 (в межах глибини котловану): Насипні ґрунти / Супіски ( $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $\varphi_1 = 26^\circ$ ).

Шар 2 (нижче дна котловану): Піски дрібні ( $\gamma_2 = 19 \text{ кН/м}^3$ ,  $\varphi_2 = 30^\circ$ ).  
Навантаження на поверхні ( $q$ ):  $20 \text{ кН/м}^2$  (від роботи техніки).

Розрахунок тиску ґрунту Розрахунок активного та пасивного тиску виконано за теорією Ренкіна/Кулона.

Коефіцієнт активного тиску для верхнього шару:  $K_{a1} = 0,39$ .

Коефіцієнт пасивного опору для нижнього шару:  $K_{p2} = 3,00$ .

Активний тиск на рівні дна котловану ( $z = 4,0 \text{ м}$ ):  $\sigma_a = (20 + 18 \cdot 4) \cdot 0,39 \approx 35,9 \text{ кПа}$ .

Визначення зусиль у палі.

Розрахунок виконано для однієї палі, яка сприймає навантаження з ширини прольоту  $S = 1,5 \text{ м}$ .

Точка нульової перерізуючої сили: Знаходиться на глибині  $y \approx 2,7 \text{ м}$  нижче дна котловану. Це точка, де пасивна відсіч ґрунту врівноважує активний тиск.

Максимальний згинальний момент ( $M_{max}$ ):

Розрахунковий момент, що діє на одну палю, становить  $M_{pile} \approx 507 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . З урахуванням коефіцієнта надійності за навантаженням ( $\gamma_f = 1,1$ ), розрахунковий момент для підбору арматури:  $M_{Ed} = 1,1 \cdot 507 \approx 558 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Перевірка міцності перерізу та підбір армування. Перевірка можливості сприйняття моменту  $558 \text{ кН}\cdot\text{м}$  залізобетонним перерізом діаметром  $620 \text{ мм}$ .

Необхідна площа арматури ( $A_s$ ) визначається за спрощеною формулою для згинальних елементів круглого перерізу:  $A_s \approx \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d_{eff} \cdot R_s}$  де  $d_{eff} \approx 0,55 \text{ м}$  (робоча

висота).  $A_s \approx \frac{558}{0,9 \cdot 0,55 \cdot 435000} \cdot 10^4 \approx 25,9 \text{ см}^2$

Конструктивне рішення:

Для забезпечення необхідної площі  $25,9 \text{ см}^2$  приймаємо армування каркасом із 14 стержнів  $\varnothing 16 \text{ A500C}$  ( $A_{s, fact} = 28,1 \text{ см}^2$ ) або 9 стержнів  $\varnothing 20 \text{ A500C}$ .

Таке армування вільно розміщується в тілі палі діаметром  $620 \text{ мм}$  із забезпеченням захисного шару бетону  $70 \text{ мм}$ .

Розрахунок дерев'яної забірки

Забірка працює як балка на двох опорах (палях) прольотом 1,5 м під навантаженням від активного тиску ґрунту ( $\sigma_a = 35,9$  кПа). Максимальний момент у дощці (на 1 м висоти):  $M_{lag} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{35,9 \cdot 1,5^2}{8} \approx 10,1$  кН · м

Необхідна товщина дошки (при розрахунковому опорі деревини  $R_w \approx 14$  МПа):  $h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{lag}}{b \cdot R_w}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10,1}{1,0 \cdot 14000}} \approx 0,066$  м

Приймаємо дошку товщиною 70 мм (або подвійний настил 40+40 мм), що є стандартним пиломатеріалом.

Виконані розрахунки переконливо доводять технічну та економічну доцільність варіанту «Пальове кріплення із забіркою»:

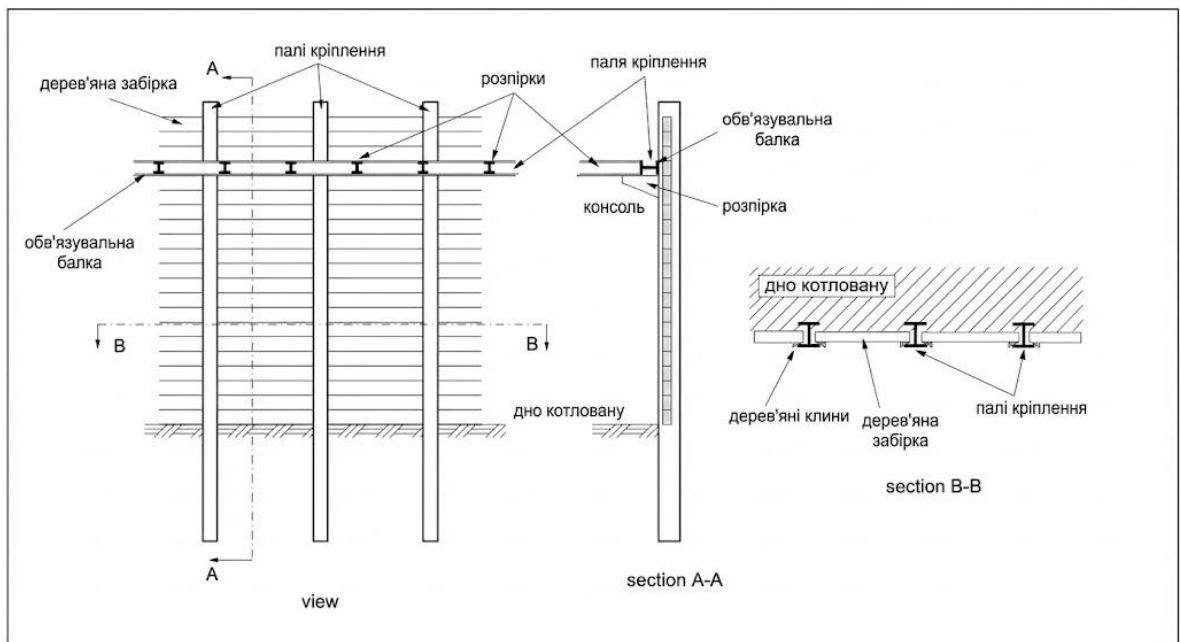


Рис. 2.5. – Схема пальового кріплення із забіркою.

Несуча здатність: Паля  $\varnothing 620$  мм з армуванням, аналогічним фундаментним палям, з запасом сприймає навантаження від ґрунту без необхідності використання дорогих анкерів або розпірок, що заважають роботі.

Матеріаломісткість: Бетон:  $V = \pi \cdot 0,31^2 \cdot 9,0/1,5 \approx 1,8$  м<sup>3</sup>/п.м. (втричі менше за «стіну в ґрунті»).

Метал: Використовується лише арматурний каркас, що значно дешевше суцільного прокату (шпунта).

Технологічність: Влаштування паль виконується тією ж буровою установкою (CFA), що вже передбачена для пального поля фундаменту, що мінімізує витрати на перебазування техніки.

Безпека: Глибина заземлення (~5 м) гарантує стійкість укусу, а відсутність вібрацій при бурінні забезпечує збереження сусідніх 14-поверхових будівель.

Таким чином, запропонована конструкція є оптимальною, надійною та найбільш економічно вигідною для даних умов будівництва.

## **РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА БУДІВНИЦТВА**

### **3.1. Архітектурні та конструктивні рішення**

Будівництво передбачено вести в 1 чергу, порядок та етапи виконання будівельно монтажних робіт визначається Замовником та Генпідрядником. Метою коригування проекту, є змінення цокольного поверху будинку, додавання підземного паркінгу на 29м/місце, та розміщення споруди подвійного призначення – протирадіа ційного укриття групи П-4. Житловий будинок проектується в межах червоних ліній, які, своєю чергою, було вставлено затвердженням ДПТ. Житловий будинок з вбудованим нежитловим приміщенням запроектований 1-секційним 12-ти-поверховим з підземним паркінгом.

Будинок має просту форму в плані. Габаритні розміри надземної частини в осях – 18,3х34,9 м. У підвальному поверсі за планувальними рішеннями розташовуються технічні приміщення ( ІТП, електрощитова, насосна, насосна АСПГ), паркінг на 29м/місце, укриття. Висота поверху складає 2,5м та 3,35м від підлоги до стелі. На 1-му поверсі передбачено блок приміщень для консьержа, 6 квартир, 1 нежитлове приміщення (приміщення міліції) та місце загального користування (вестибюль, коридор, холи та ін.). Вхід до вбудованого приміщення здійснюється з вулиці зі сторони входу до житлового будинку. Висота поверху від підлоги до підлоги – 2,85 м. На типових поверхах запроектовано по 7 квартир на поверсі. Передбачено одно-, дво- та трикімнатні квартири. Типи, кількість, площі квартир та їх розміщення обумовлені завданням на проектування. В квартирах передбачається витяжна вентиляція з механічним спонуканням з приміщень

кухонь та санвузлів, з встановленням поквартирних витяжних вентиляторів фірми «Вентс» в канали-супутники вентблоків Ковальської.

Вхід в житлову частину будинку зорієнтовано з боку внутрішньо дворового простору, що забезпечує комфортне проживання мешканців. Відповідно до вимог пожежної безпеки, в кожній квартирі передбачено вихід на незасклений балкон з глухим простінком шириною 1,2 метри, що має глибину 1,2 метри і висоту огорожі не менше 1,2 метри. За умовну відмітку 0,000 прийнята відмітка чистої підлоги першого поверху.

Конструктивна схема – монолітний залізобетонний каркас.

Зовнішнє опорядження:

Стіни:

Підземний поверх – монолітні залізобетонні стіни 250мм., 1-12 поверхи – газобетонні блоки, товщина 300 мм., утеплювач 100 мм. (150мм у межах залізобетонних конструкцій), штукатурка по типу «мокрый фасад».

Матеріали утеплення фасадів, зовнішнього облицювання (опорядження) виконано з не горючих матеріалів групи НГ.

Вікна, балконні двері:

Металопластикові, індивідуального виготовлення металопластикові шумозахисні з заповненням подвійними склопакетами з коефіцієнтом опору теплопровідності 0,75, з вбудованими просвітлювачами.

В проекті не застосовуються матеріали, вироби і конструкції, зокрема іноземного виробництва, що не регламентовані національними стандартами, державними будівельними нормами та правилами, іншими нормативними документами (на виконання постанови Кабінету Міністрів України від 01.03.06 №240 про затвердження «Правил підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування»).

Внутрішнє опорядження – житлові квартири запроектовані з опорядженням.

Стіни:

Міжквартирні перегородки виконати з газобетонних блоків / цегли товщиною 250мм. Перегородки виконати з газобетонних блоків товщиною 100 мм.

Перегородки в санвузлах з керамічної цегли товщиною 120 мм. Опорядження квартир – керамічна плитка, шпалери. В коридорах, холах, приміщеннях загального користування стіни оздоблюються фарбу ванням.

#### Підлога

Підлогу в коридорах, холах, приміщеннях загального користування, а також у всіх тех нічних приміщеннях підвалу і горища виконати з керамічної плитки. В приміщеннях квартир – цементно-піщана стяжка, в санвузлах з гідроізоляцією, керамічна плитка, лінолеум.

#### Стелі

Стелі в коридорах, холах, приміщеннях загального користування, квартирах оштукатурюються та фарбуються водоемульсійною фарбою білого кольору.

#### Сходи

Сходові марші в сходових клітках виконати зі збірного залізобетону. Огородження сходових маршів металеве, типове.

#### Двері

Вхідні двері в квартири запроектовані протиударними з межею вогнестійкості не менше 30 хвилин, які мають сертифікат відповідності в системі УкрСЕПРО.

В технічних приміщеннях, машинних відділеннях ліфтів, електрощитових, вентиляційних камерах, на покрівлю запроектовані протипожежними 1 типу з мінімальною межею вогнестійкості EI 60, які мають сертифікат відповідності в системі УкрСЕПРО, згідно вимог ДБН В.1.1-7-2002.

Двері внутрішні – ламінований МДФ, індивідуального виготовлення.

#### Вікна

Металопластикові шумозахисні з заповненням подвійними склопакетами з коефіцієнтом опору теплопровідності 0,75, з вбудованим провітрювачами.

### **3.2 Організація і технологія виконання основних робіт**

Для організації підготовки будівництва і додержання технологічної послідовності виконання робіт встановлюється два періоди будівництва:

підготовчий і основний.

На основні види загальнобудівельних робіт проектується технологічні карти, в яких детально розглянута технологія і організація будівельного процесу, графік трудового процесу, підбирається номенклатура машин і механізмів, інструменту та пристосувань українських та зарубіжних фірм для безпечного та якісного виконання робіт; техніка безпеки при виконанні даного виду робіт, вказуються небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виконанні конкретних робіт, передбачаються заходи щодо попередження їх впливу на робітників.

На об'єкті будівництва повинен вестися: загальний журнал робіт за встановленою формою, спеціальні журнали з окремих видів робіт, перелік яких встановлюється генпідрядником за погодженням із замовником і субпідрядними організаціями, журнал авторського нагляду - у відповідності до положення про авторський нагляд проектних організацій за будівництвом будівель.

### **3.2.1 Підготовчий період**

До початку виконання робіт по будівництву житлового будинку під багатоквартирний житловий будинок виконати заходи підготовчого періоду згідно з вимогами ДБН А.3.1-5 2016, а також організаційні заходи, що наводяться нижче.

Забезпечити розроблення організаційно-технологічної документації в складі ПВР на підготовчий період.

Створити геодезичну основу будівництва, виконати геодезичне розбивання.

Влаштувати захисно-охоронну огорожу будівельного майданчика.

Влаштувати побутові приміщення за межами будівельного майданчика згідно довідки замовника.

Влаштувати тимчасову дорогу зі збірних залізобетонних плит та монолітних ділянок;

Доставити на об'єкт інвентар, інструмент, механізми, виготовлені допоміжні пристосування для забезпечення техніки безпеки.

Виконати роботи по ревізії існуючого пожежного гідранту та виконати тимчасове підключення водозабезпечення будівельного майданчика.

Виконати підключення тимчасового енергозабезпечення згідно з технічними

умовами.

Виконати винесення інженерних мереж з під плями забудови згідно окремо розробленого проекту.

При необхідності виконати демонтаж існуючих будівель попадаючих під забудову в межах землевідводу, попередньо відключивши їх від інженерних комунікацій (вода, електрика, каналізація, газ). Демонтаж виконувати вручну та за допомогою екскаватором CASE CX 240.

Організувати вертикальне планування на будмайданчику, влаштувати відвалування по межі перспективного котловану, з котловану збирати воду в приямки та відкачувати воду за допомогою насосів типу «Гном» та забезпечити злив в злизову каналізацію (попередньо отримавши ТУ).

Після отримання дозволу на будівництво отримати АКТ про відповідність виконаних підготовчих робіт вимогам безпеки праці і готовності об'єкта до будівництва.

Для потреб будівельників доставити на об'єкт питну воду. Гарантованої якості у відповідності з ДержСан ПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної передбаченою для вживання людиною»

### **3.2.2. Основний період**

Будівництво житлового будинку та паркінгу виконується в наступній послідовності:

- Розпочати відкопування котловану за допомогою екскаватор CASE CX-240 ходом на себе на проектну відмітку залишивши площадку для прийому вантажів. - Виконати монолітний фундамент під баштовий кран Liebherr 120H, R=30м, після набуття проектної міцності, виконати монтаж.

- Розпочати будівництво.

### **3.3. Зведення конструкцій**

Будівельно-монтажні роботи по зведенню підземної та надземної частин житлового будинку, підземного паркінгу виконувати за допомогою баштового

крану Liebherr 120H, R=30м.

Максимальна маса вантажу, який піднімається і переміщується баштовим краном є баддя з бетоном місткістю 2м<sup>3</sup> (маса – 5 т).

Баштовий кран встановлюється на монолітний бетонний фундамент, розміри і конструкція якого визначається в робочих кресленнях.

Влаштування монолітних залізобетонних конструкцій проводити згідно з вимогами ДСТУ Б.В.2.8-41:2011 та вимогами розділу 13 ДБН А.3.2-2-2009. Опалубка для монолітних залізобетонних конструкцій повинна мати паспорт та відповідати вимогам ДСТУ Б. В.2.8 41 2011.

Склад бетонної суміші, приготування, правила приймання та методи контролю повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96-2000.

При бетонуванні необхідно контролювати якість бетонної суміші, відповідність її характеристик вимогам робочого проекту та проводити відбір та випробування контрольних зразків бетону (кубиків).

Контроль за характеристиками бетонної суміші, ступенем набору міцності та умовами твердіння бетону повинен проводитись з залученням будівельної лабораторії. Зняття опалубки виконувати після досягнення бетоном потрібної міцності з дозволу виконроба.

Кладку стін слід виконувати ярусами висотою 1-1,2 м з внутрішніх інвентарних риштувань. Разом з виконанням кладки стін рекомендується встановлювати віконні та дверні блоки.

При кладці зовнішніх стін з керамічних блоків треба влаштовувати захисні козирки по периметру будівлі згідно вказівок розділу 12 ДБН А.3.2-2-2009.

Встановлення перемичок, влаштування прорізів і ніш, передбачених робочим проектом, виконувати в процесі кладки стін та перегородок.

Опоряджувальні роботи виконувати після завершення комплексу будівельно-монтажних робіт на кожному окремому поверсі будинку.

В опоряджувальні роботи входять внутрішні (в неповному обсязі по будівлі, згідно з умовами будівництва) штукатурні, малярні, облицювальні, влаштування підлоги та зовнішні роботи по опорядженню фасадів. Опоряджувальні роботи

виконувати згідно вимог розділу 15 ДБН А.3.2-2-2009.

### **3.4. Прокладання зовнішніх інженерних мереж**

Методи прокладання інженерних мереж уточнюються на стадії робочих креслень після погоджень з міськими експлуатаційними службами. Прокладання інженерних мереж вести в основний період будівництва під час опоряджувальних робіт.

Роботи по розриттю і прокладанню інженерних мереж починають з понижених ділянок трас. Воду, яка поступає, видаляють відкритим водовідливом за допомогою насосів.

Влаштування тимчасових інженерних мереж у складі мереж електропостачання та водопостачання виконувати механізованим способом, в стислих місцях – вручну. Улаштування мереж електропостачання виконувати в землі – у траншеях з вертикальними стінками без кріплень при глибині укладання до 1м від поверхні землі, на обмежених ділянках і при перетині вулиць – в азбоцементних трубах.

Прокладання водопроводу, побутової та дощової каналізації виконувати у траншеях, закріпленням вертикальних стінок, глибиною до 2,5м, що розробляються екскаватором, типу CASE CX-240, обладнаного «зворотною лопатою» з місткістю ковша 0,25м<sup>3</sup>, поблизу комунікацій, чи в стислих місцях – вручну, на ділянках перетину з діючими комунікаціями, коли існуючі мережі попадають у призму укосів, для зменшення площі асфальтобетонного покриття, що розривається, для збереження зелених насаджень – з кріпленням вертикальних стінок дерев'яними інвентарними щитами і металевими розпірними рамами. Визначення місця тимчасового складування ґрунту зворотного насипу траншей виконується у ПВР підрядною організацією, що виконує роботи, по узгодженню з замовником.

Виконання робіт і остаточний вибір методів виконання робіт та способу кріплень траншей здійснювати згідно з проектом виконання робіт, що розробляється підрядною будівельною організацією.

Роботи по прокладанню мереж виконувати комплексними бригадами. Улаштування збірних елементів колодязів і монтаж труб інженерних мереж проводити із застосуванням автомобільного крана типу КС-3562 максимальною вантажопідйомністю 10,0т.

Зварювання і закладання стиків, ізоляційні роботи і випробування трубопроводів проводити до засипки траншей. У разі виявлення при виконанні земляних робіт не вказаних у проекті комунікацій, підземних споруд або знаків, які їх позначають, земляні роботи повинні бути припинені, на місце роботи викликані представники замовника і організацій, що експлуатують виявлені комунікації, прийняті заходи по запобіганню пошкоджень виявлених підземних пристроїв.

Ті комунікації, що зустрілися при виконанні робіт, повинні бути розкриті і підвішені, щоб уникнути пошкодження, в присутності представників тих організацій, які видають цими спорудами. Якщо при перетині трубопроводу розкривають цілу трубу, вона повинна бути підвішена на двох підвісках, не враховуючи підвісок на частково виступаючих із-за розпорів труб. Підвіски встановлюють відразу ж по розкритті труби за допомогою форкопів, щоб не допускати прогинання трубопроводу. При перетині кабелів вони повинні бути взяті в закритий короб, щоб уберегти їх від пошкодження предметами, які випадково впали, або, при опусканні труб.

В місцях перехрестя проектних мереж з іншими мережами розкопку ґрунту необхідно виконувати вручну. Ґрунт, який непридатний для зворотної засипки, відвозиться в тимчасовий резерв на відстань, яка вказана в довідці комунальних служб району (зворотне засипання траншей під дорогами згідно інженерних рішень передбачається виконувати піщаним ґрунтом).

Поблизу діючих комунікацій та дерев траншеї розробляються вручну в кріпенні дошками.

Монтаж труб і залізобетонних елементів виконується автомобільним краном вантажопідйомністю 6,3-10 т типу КС-3575.

Зворотне засипання ґрунту виконується після перевірки правильності укладання трубопроводів екскаватором CASE SX-240 з пошаровим ущільненням

пневмотрамбовками. Траншеї засипаються у два прийоми: спочатку присипають трубопроводи вручну на висоту 0,2м, потім засипають бульдозером. Метод прокладання мереж уточнюються на стадії робочих креслень після погоджень з міськими експлуатуючими службами і розробляється окремий проект.

Тимчасову дорогу де потрапляють існуючі інженерні мережі вирішують з обов'язковим покриттям дорожніми плитами на щебеневій основі.

Заходи захисту підземних інженерних мереж прийнято і при перетині мереж електрики, зв'язку, водопостачання, каналізування, дренажу з урахуванням відповідних охоронних зон.

### **3.5. Земляні роботи**

Розкопування ґрунту виконується екскаватором CASE CX-240, обладнаним «зворотною лопатою» і ковшем місткістю 0,25м<sup>3</sup>.

Зайвий ґрунт вивозиться згідно з довідкою замовника, місце і відстань визначається на стадії робочої документації. При виконанні земляних робіт необхідно передбачити заходи позахисту основи споруди від замочування поверхневими водами (тимчасовий водовідвід, влаштування ґрунтових валиків на брівках виїмок та ін). Рекомендується виконувати земляні роботи не в паводковий період. Всі роботи нульового циклу повинні проводитися в стислі терміни.

Засипка пазух котлованів здійснюється місцевим ґрунтом з пошаровим ущільненням. Зворотне засипання виконується, екскаватором CASE CX-240 і частково вручну з пошаровим ущільненням пневматичними трамбівками. В зв'язку з інтенсивною забудовою проектної території рекультивованій ґрунт вивозиться за межі території на підготовлені майданчики для тривалого зберігання згідно довідки від замовника.

Для захисту від ґрунтових та поверхневих вод організувати вертикальне планування на будмайданчику, влаштувати відвалювання по межі перспективного котловану, з котловану збирати воду в приямки та відкачувати воду за допомогою насосів типу «Гном» та забезпечити злив в злизову каналізацію (попередньо отримавши ТУ).

### **3.6. Геодезичні роботи**

Геодезичні роботи повинні виконуватися в об'ємі і з точністю, яка забезпечує відповідність геометричних параметрів і розміщенню об'єкту будівництва проекту і вимогам будівельних норм і правил.

Розпланувальні роботи на будівельному майданчику виконуються згідно з проектом виробництва геодезичних робіт, який розроблюється на підставі ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві». Виніс всієї будівлі виконується від наявної забудови або червоних ліній.

Закріплення на місцевості виконується тимчасовими знаками, які закопуються на глибину 1,5м з бетонуванням. Знаки планової та висотної основи, закладені на території будівництва, підлягають здаванню за актом на зберігання замовнику та керівнику будівельної ділянки.

В процесі зведення будівлі та прокладання інженерних мереж необхідно здійснювати геодезичний контроль точності їх геометричних параметрів, який є невід'ємною складовою частиною виробничого контролю якості та полягає у геодезичній (інструментальній) перевірці відповідності положення елементів, конструкцій та частині будівлі та інженерних мереж проектним вимогам в процесі їх монтажу та тимчасового закріплення. Геодезичний контроль планового положення конструкцій та контроль вертикальності конструкцій здійснюється вимірюванням шаблонами, рейкою, теодолітом, нівеліром.

### **3.7. Виконання робіт в зимовий період**

Виконання робіт в зимовий період дуже ускладняється, тому під час ведення робіт треба ретельно дотримуватись технології виконання робіт в зимових умовах. Під час будівництва споруди в зимовий період основними роботами повинні бути:

- улаштування монолітних залізобетонних та бетонних конструкцій;
- монтаж залізобетонних конструкцій;

При виконанні бетонних робіт необхідно керуватись ДБН В.2.6-98:2009.

В проекті виконання робіт повинні бути обговорені: - методи приготування та транспортування бетону; - засіб укладання та температурний режим

витримування; - утеплювач та вид опалубки; - міцність бетону на час зняття опалубки, строк зняття; - техніка безпеки під час виконання робіт.

Під час зведення кам'яних конструкцій в зимових умовах необхідно дотримуватись ДБН В.2.6-162:2010.

Зимові умови визначаються середньодобовою температурою зовнішнього повітря – 5С та нижче.

Загальномайданчиковими заходами в зимовий період повинні бути: - улаштування приміщення для обігріву робітників; - утеплення пристосувань під бетон та розчин; - постійне очищення робочих місць та конструкцій від снігу та льоду; - улаштування обладнання та електропрогріву.

Влаштування асфальтобетонного покриття у зимових умовах здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.3-5-2001 «Вулиці та дороги населених пунктів»

### **3.8. Обґрунтування тривалості будівництва**

До складу будівництва входить: - 12-поверховий житловий будинок загальною площею 7 340,14 м<sup>2</sup>; - паркінг загальною площею 614,68 м<sup>2</sup>; - сховище площею 215,54 м<sup>2</sup>; - вбудовані приміщення 48,46м<sup>2</sup>;

Тривалість будівництва 12-поверхового житлового будинку із загальною площею 7340,14 м<sup>2</sup> визначена згідно з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів» за формулою

$$T_6 = \frac{T_c * K_1 * K_2}{K_3}, \text{ де}$$

$T_c$  – усереднений показник тривалості будівництва згідно з додатком А, міс.;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує сукупність конкретних умов зведення об'єкта (у нашому випадку  $K_1=1$ );

$K_2$ - коефіцієнт, що враховує сукупність конструктивних особливостей будівлі ( $K_2=1,1$ - фундамента плита на палях);

КЗ – коефіцієнт, який враховує прийняті організаційно-технологічні заходи (КЗ =1- робота в одну зміну).

Усереднений показник тривалості будівництва будинку із загальною площею 7 340,14м<sup>2</sup> визначаємо методом лінійної інтерполяції :

Одиниця приросту загальної площі:  $(10-8)/(12000-6000)=0,00033$

Приріст загальної площі становить:  $7\,340,14 - 6000= 1340,14\text{м}^2$

Усереднений показник тривалості будівництва з урахуванням інтерполяції:  
 $0,00033*1340,14+8 = 8,44$  міс.

Тривалість будівництва:  $T_b = 8,44* 1 *1,1* 1/1 = 9,28$  міс.  $\approx 10$  місяців

Тривалість будівництва підземного поверху (паркінгу) загальною площею  $614,68\text{м}^2 + 215,54\text{м}^2 = 830,22\text{м}^2$  визначена з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів» за формулою.

Усереднений показник тривалості будівництва паркінгу і сховища із загальною площею 830,22м<sup>2</sup> визначаємо методом лінійної інтерполяції :

Одиниця приросту загальної площі:  $(9-7)/(1000-500)=0,004$

Приріст загальної площі становить:  $830,22 - 500= 330,22\text{м}^2$

Усереднений показник тривалості будівництва з урахуванням інтерполяції:  
 $0,004*330,22+7 = 8,32$  міс.

Тривалість будівництва:  $T_b = 8,32* 1 *1,1* 1/1 = 9,1$  міс.  $\approx 9$  місяців.

Для розрахунку тривалості будівництва вбудованих нежитлових приміщень приймаємо 0,5 міс. на кожні 100 м<sup>2</sup> площі.

$T_b = 0,5*48,46/100 = 0,24$  міс.  $\approx 1$  місяць.

Тривалість будівництва будинку – 10 місяців.

Тривалість будівництва підземного поверху (паркінгу, сховища) – 9 місяців.

Тривалість будівництва вбудованих нежитлових приміщень – 1 місяць.

## **РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ**

### **4.1. Вихідні дані та вибір розрахункової моделі**

Для обґрунтування параметрів огороження котловану житлового будинку по вул. Академіка Булаховського, 5, прийнято конструктивну схему пальового кріплення, що працює як консольна конструкція. На основі аналізу аналогів (зокрема, для умов щільної забудови прийнято рішення про ущільнення кроку паль для мінімізації деформацій. Геометричні параметри:

- Глибина котловану ( $H_{exc}$ ): 4,0 м.
- Діаметр паль ( $D$ ): 620 мм.
- Крок паль ( $S$ ): 0,75 мЗ.
- Відстань у світлі між палями:  $S - D = 750 - 620 = 130$  мм.
- Матеріал: Бетон С20/25, арматура А500С.

Гідрогеологічні умови: Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині понад 11 м, що дозволяє виконувати розрахунки без урахування гідростатичного тиску.

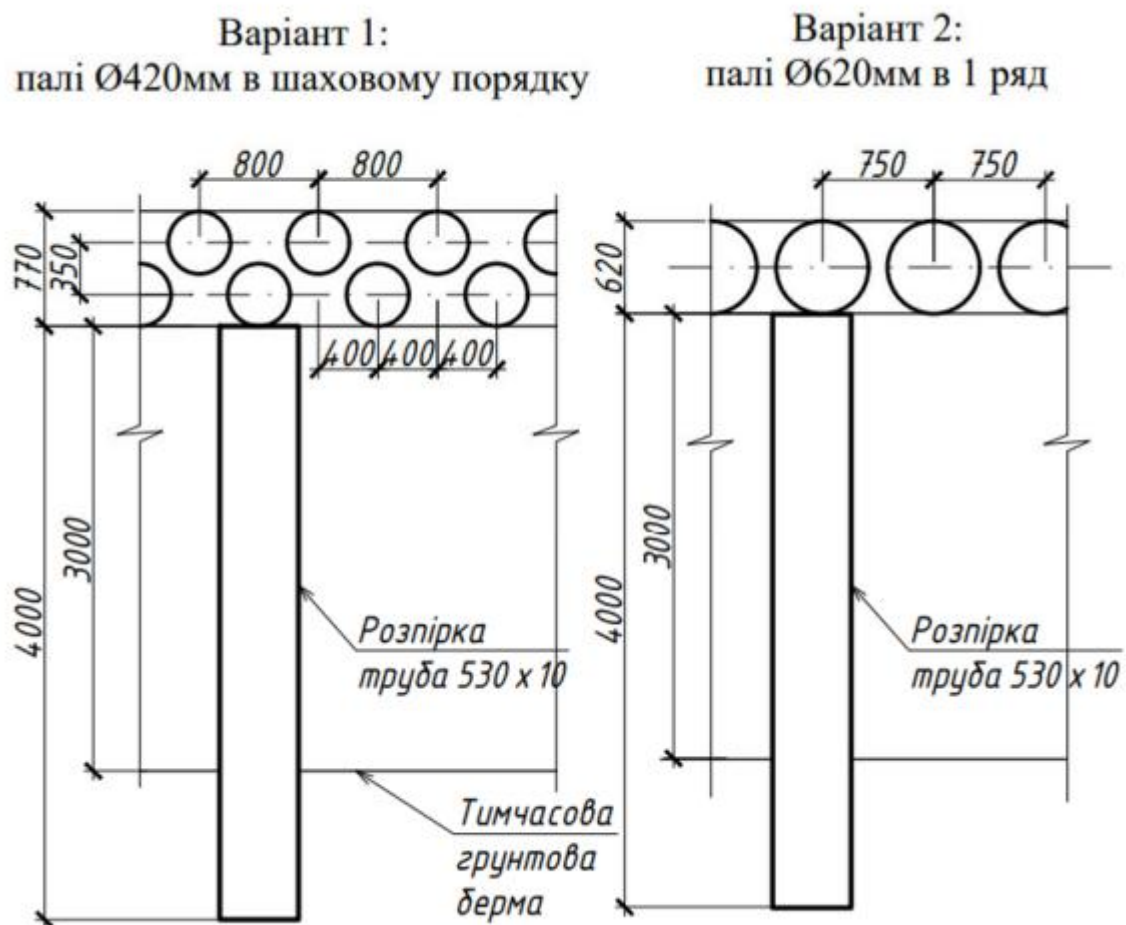


Рис 4.1. - Конфігурація 2-х варіантів підпірних стін

#### 4.2. Інженерний розрахунок стійкості та зусиль

Розрахунок виконується на 1 погонний метр огороження з подальшим збором навантаження на одну палю з урахуванням нового кроку  $S = 0,75$  м. Характеристики ґрунтів (усереднені):

1. Засипка пазах та супіски (верхні 4 м):  $\gamma_1 = 18.0$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_1 = 26^\circ$ ;  $c_1 = 0$  кПа.
2. Піски дрібні (нижче дна):  $\gamma_2 = 19.0$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_2 = 30^\circ$ .

Навантаження: Рівномірно розподілене навантаження на брівці:  $q = 20$  кПа. Визначення активного тиску ґрунту Коефіцієнт активного тиску ґрунту ( $K_a$ ) за теорією Кулона:

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{26^\circ}{2} \right) = 0.39$$

Інтенсивність горизонтального тиску на глибині  $z = 4.0$  м:  $\sigma_a = (q + \gamma_1 \cdot H) \cdot K_a = (20 + 18 \cdot 4) \cdot 0.39 \approx 35.9$  кПа

Рівнодіюча активного тиску ( $E_a$ ) на 1 п.м. стіни:

$$E_a = \frac{(q \cdot K_a + \sigma_a)}{2} \cdot H = \frac{(7.8 + 35.9)}{2} \cdot 4.0 = 87.4 \text{ кН/м}$$

Розрахунковий згинальний момент на одну палю

Максимальний момент у консольній палі визначається з урахуванням зменшеної вантажної площі (ширина захватки 0,75 м). Плече рівнодіючої сили приймаємо  $l_0 \approx 1.8$  м. Коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma_f = 1.1$ .  $M_{Ed} \approx E_a \cdot l_0 \cdot S \cdot \gamma_f$   $M_{Ed} \approx 87.4 \cdot 1.8 \cdot 0.75 \cdot 1.1 \approx 130$  кН · м

#### 4.3. Числове моделювання в ПК Plaxis 3D

№ ПЕ	Найменування ґрунтів	Питома вага ґрунту ( $\gamma$ )кН/м <sup>3</sup>	Модуль деформації при 50% міцності (E50)МПа	Модуль деформації за результатами одометричних випробувань (Eoed)МПа	Модуль пружності визначений по гілці розвантаження (Eur)МПа	Питоме зчеплення (c)кПа	Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ )град	Показник ступеня залежності жорсткості від рівня напружень (m)дол.од.	Опорний всебічний тиск (Pref)кПа
1	Насипний шар	16	16	16	48	10	15	0,5	100

2	Супісок лесовий твердий, просідаюч ий	16,5	20	17	54	31	19	0,6	100
3	Суглинок, твердий	19,3	25	22	66	28	22	0,7	200
4	Супісок, твердий	20	30	28	84	30	25	0,6	200
5	Суглинок твердий	20	30	28	84	30	25	0,7	300

Табл. 4.1. - Вхідні розрахункові параметри ґрунтів.

Для оцінки впливу ущільненого ряду паль на існуючу забудову виконано моделювання в програмному комплексі Plaxis 3D з використанням моделі Hardening Soil Model (HSM). Використано параметри жорсткості, аналогічні дослідженням в умовах щільної забудови. Параметри моделі:

Модуль деформації  $E_{50}^{ref}$  для пісків основи прийнято 30 МПа.

Модуль розвантаження  $E_{ur}^{ref}$  — 90 МПа.

Результати моделювання:

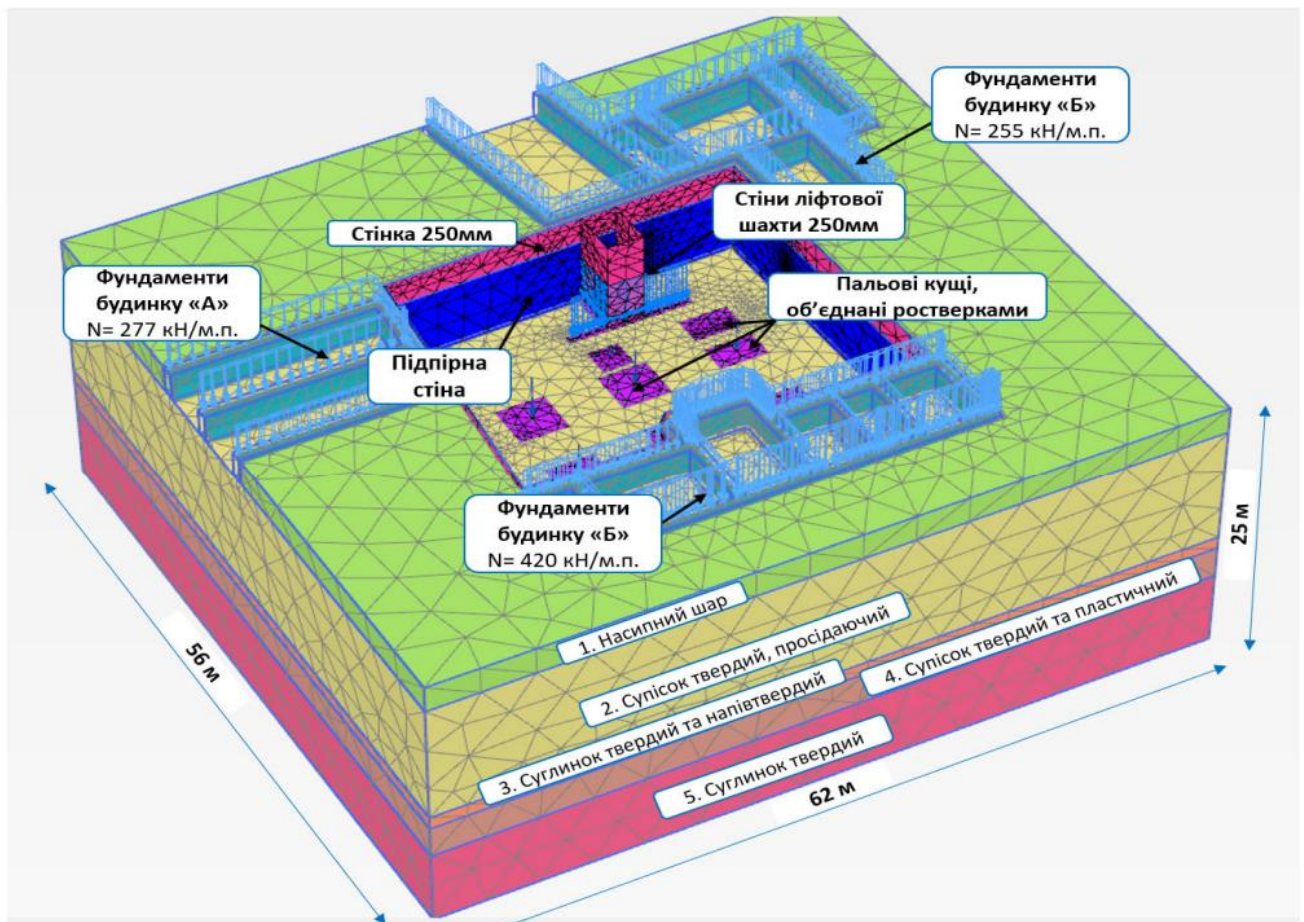


Рис. 4.2. - Просторова скінчено-елементна модель в програмному комплексі Plaxis.

Просторова СЕМ створена на основі даних звіту з інженерно-геологічних вишукувань та дозволяє відтворити основні особливості залягання ґрунтів та конфігурації підпірних стін та розмірів існуючих будинків.

Варіанти влаштування підпірної стіни	Існуючі будинки: Будинок «А»	Існуючі будинки: Будинок «Б»	Існуючі будинки: Будинок «В»
<b>Варіант 1:</b> палі 420мм, в шаховому порядку, крок палі 400 мм. Відстань між рядами палі 350 мм.	24 мм	23 мм, 27 мм	16 мм
<b>Варіант 2:</b> палі 620 мм, в 1 ряд, крок палі 750 мм	28 мм	26 мм, 31 мм	19 мм

Табл. 4.2. - Значення осідань сусідніх будівель.

Варіанти влаштування підпірної стіни	Перерізи: 1-1	Перерізи: 2-2	Перерізи: 3-3	Перерізи: 4-4
<b>Варіант 1:</b> палі 420мм, в шаховому порядку, крок палей 400 мм. Відстань між рядами палей 350 мм.	39 мм	33 мм	29 мм	48 мм
<b>Варіант 2:</b> палі 620 мм, в 1 ряд, крок палей 750 мм	47 мм	39 мм	33 мм	52 мм

Табл. 4.3. - Значення горизонтальних переміщень підпірної стіни.

Варіанти влаштування підпірної стіни	Перерізи: 1-1	Перерізи: 2-2	Перерізи: 3-3	Перерізи: 4-4
<b>Варіант 1:</b> палі 420мм, в шаховому порядку, крок палей 400 мм. Відстань між рядами палей 350 мм.	222,6 кНм	194,8 кНм	167,4 кНм	186,3 кНм
<b>Варіант 2:</b> палі 620 мм, в 1 ряд, крок палей 750 мм	217,16 кНм	192,4 кНм	162,5 кНм	184,9 кНм

Табл. 4.4. - Значення згинальних моментів у підпірній стіні.

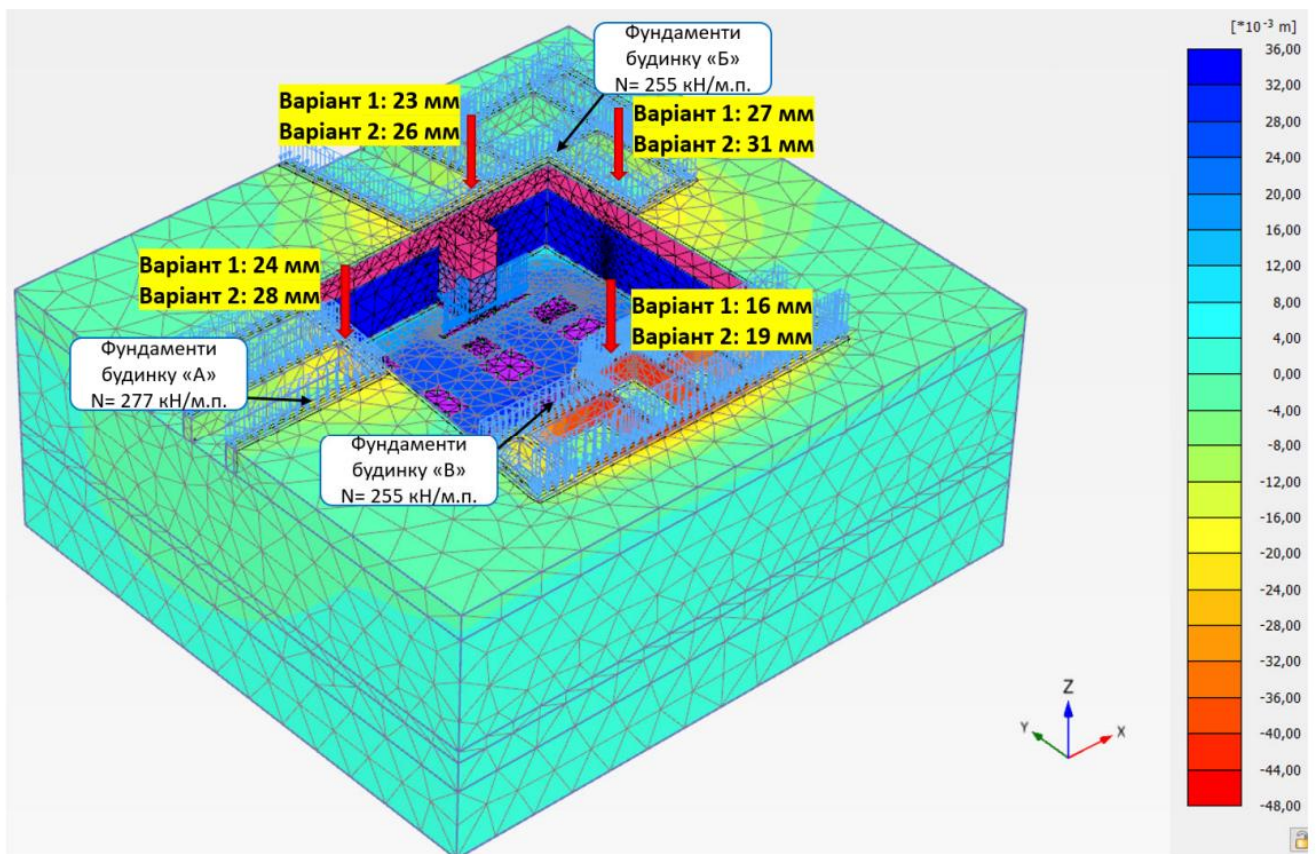


Рис.4.3. - Значення додаткових осідань сусідніх будинків.

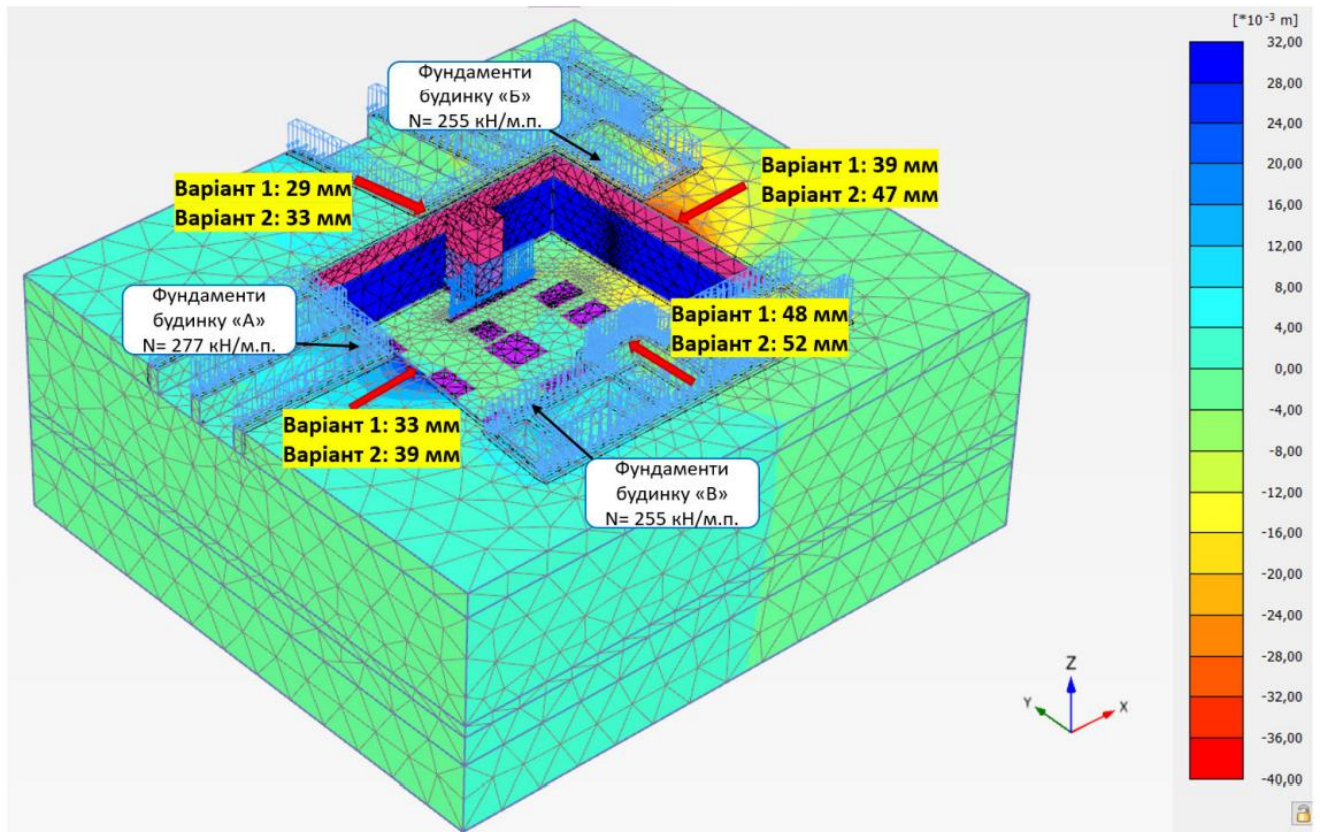


Рис. 4.4. - Горизонтальні переміщення підпірних стін

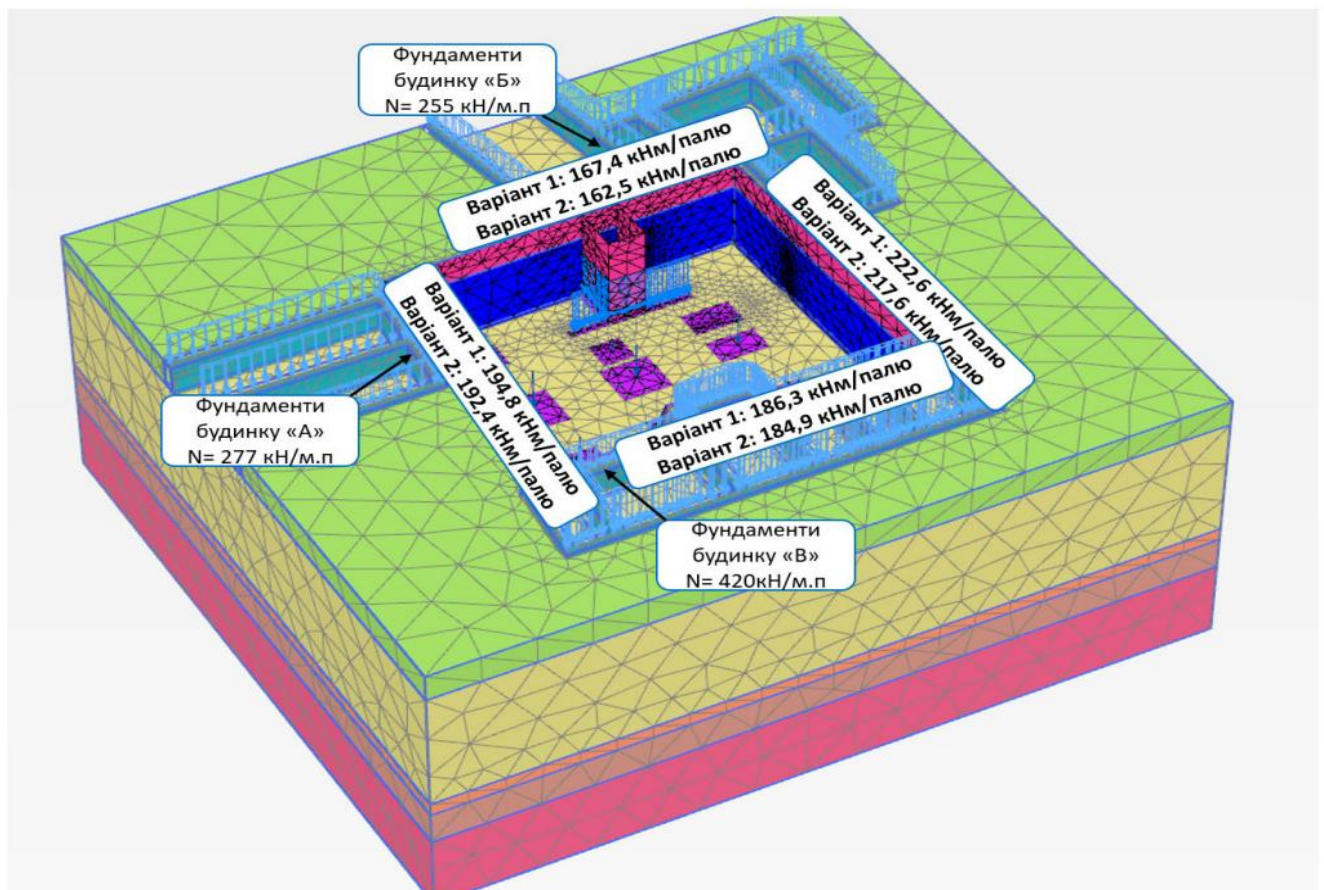


Рис.4.5. - Значення згинальних моментів, що виникають в підпірних стінах.

Горизонтальні переміщення: Завдяки високій погонній жорсткості ряду паль (крок 0,75 м), максимальні горизонтальні переміщення огороження є мінімальними і становлять 8-10 мм. Це значно менше гранично допустимих значень (16 мм).

Вплив на сусідні будівлі: Додаткові осідання фундаментів 14-поверхового будинку, розташованого поруч, за результатами розрахунку не перевищують 2-3 мм, що гарантує відсутність тріщиноутворення в існуючих конструкціях.

Зусилля в палях: Уточнений згинальний момент за результатами МСЕ-розрахунку становить близько 125 кН·м, що корелює з аналітичним розрахунком.

#### 4.4. Конструювання паль огороження

Підбір арматури виконуємо для згинального моменту  $M_{Ed} = 130$  кН·м.

Вихідні дані:

- Переріз: круглий,  $D = 620$  мм.
- Робоча висота:  $h_0 = 620 - 70 = 550$  мм.
- Бетон C20/25:  $R_b = 14.5$  МПа.
- Арматура A500C:  $R_s = 435$  МПа.

Необхідна площа арматури ( $A_s$ ):  $A_s = \frac{M_{Ed}}{0.9 \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{130 \cdot 10^6}{0.9 \cdot 550 \cdot 435} \approx 604$  мм<sup>2</sup>

Прийняте армування: Конструктивно приймаємо каркас із 10 стрижнів  $\varnothing 16$  A500C. Фактична площа:  $A_{s, fact} = 10 \cdot 201 = 2010$  мм<sup>2</sup>. Таке армування прийнято з урахуванням уніфікації каркасів з фундаментними палями та забезпечення значного запасу міцності для сприйняття можливих динамічних впливів. Мала відстань між палями (130 мм) дозволяє використовувати як забірку дошку мінімальної товщини (30-40 мм) або влаштовувати заповнення ґрунтоцементом, що фактично утворює майже суцільну стіну.

#### 4.5. Висновок до розділу

Прийнята схема огороження — палі  $\varnothing 620$  мм з кроком 0,75 м — забезпечує підвищену жорсткість конструкції, що є критично важливим в умовах щільної забудови.

Розрахункові переміщення стіни (до 10 мм) та осідання сусідніх будівель (до 3 мм) знаходяться в безпечних межах.

## РОЗДІЛ 5. СТАРТАП-ПРОЄКТ

### Інформаційна карта стартап-проекту

Таблиця 5.1 – Інформаційна картка стартап-проекту

Назва поля	Зміст
1. Назва стартап-проекту	Smart-Кріплення (Smart-Shoring): Адаптивна технологія огороження котлованів у щільній забудові.
2. Тип проекту	Технологічний (B2B), Інжиніринговий сервіс.
3. Проблема, яку вирішує	1. Надмірна вартість: Використання забудовниками дорогих технологій (наприклад, «стіна в ґрунті») для неглибоких котлованів (до 5-6 м) у «сухих» ґрунтах через перестраховку або відсутність точних розрахунків. 2. Ризики для сусідів: Неможливість використання дешевих вібраційних методів (шпунт) через загрозу руйнування сусідніх будинків у щільній забудові. 3. Дефіцит площі: Неможливість влаштування укосів на малих ділянках (0,3-0,5 га).
4. Ідея проекту (Рішення)	Впровадження уніфікованої системи консольного пальового кріплення (Soldier Piles) з використанням технології CFA (безперервний шнек) та дерев'яної забірки. Рішення базується на точному розрахунку взаємодії паль з ґрунтом, що дозволяє відмовитися від дорогого бентоніту та металевого прокату, використовуючи ту ж техніку, що й для фундаменту.
5. Технологічна інновація	Використання уніфікованого діаметра паль (Ø620 мм) для фундаменту та огорожі, що дозволяє виконувати роботи одним комплектом техніки без перебазування. Заміна суцільного бетонування на розріджений ряд (крок 1,5 м) із забіркою, що підтверджено розрахунками стійкості у програмних комплексах (LIRA/PLAXIS).
6. Цільова аудиторія (Клієнти)	1. Будівельні девелоперські компанії (житлове будівництво). 2. Генпідрядні організації (наприклад, Київміськбуд, КАН Девелопмент). 3. Проектні бюро (як субпідрядник з геотехнічних розрахунків).
7. Конкурентні переваги	1. Економічність: Зниження вартості 1 п.м. огорожі у 2,5–3 рази порівняно зі «стіною в ґрунті» (економія бетону ~60%). 2. Безпека: Технологія безвібраційного буріння (CFA), що дозволяє працювати впритул до аварійних будинків. 3. Швидкість: Відсутність «мокрих» процесів з бентонітом та зварювальних робіт (як у шпунті).
8. Економічне обґрунтування	Для типового котловану периметром 150 м економія замовника становить:– Заміна бетону на дерево (забірка): -35% вартості

(Value Proposition)	матеріалів.– Відсутність бентонітового заводу: -15% накладних витрат.– Скорочення термінів на 2-3 тижні.
9. Стан готовності	TRL 4 (Technology Readiness Level): Технологія перевірена в лабораторних умовах (розрахункові моделі). Розроблено технологічну карту, виконано порівняльний аналіз вартості на прикладі реального об'єкта (вул. А. Булаховського, 5).
10. Необхідні ресурси для старту	1. Програмне забезпечення для геотехнічних розрахунків (ліцензія).2. Оренда бурової установки CFA (на етапі виконання замовлення).3. Кваліфікований інженер-геотехнік та виконроб.
11. Ризики проєкту	1. Геологічні: Раптова поява верховодки або пливунів (вирішується локальним тампонуванням).2. Адміністративні: Складність погодження відхилень від типових рішень в експертизі (вирішується детальним розрахунковим обґрунтуванням).
12. Стратегія монетизації	Надання комплексних послуг «під ключ»: Проєктування (КМ/КБ) + Виконання робіт з влаштування пальового поля та огорожі.

Таблиця 5.2 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проєкту

Етапи реалізації стартап-проєкту	Деталізовані цілі етапів реалізації стартап-проєкту
<p>1. Початковий етап (Idea / Pre-seed)</p> <p>(Аналіз та концептуалізація)</p>	<p>1. Аудит вихідних даних: Детальне вивчення звіту про інженерно-геологічні вишукування для підтвердження відсутності ґрунтових вод у зоні котловану (РГВ на -11 м) та аналіз фізико-механічних властивостей насипних ґрунтів (ІГЕ-1а).</p> <p>2. Виявлення проблеми: Доведення технічної надлишковості використання дорогої «стіни в ґрунті» для «сухого» котловану глибиною 4 м.</p> <p>3. Формування гіпотези: Обґрунтування можливості використання уніфікованих бурюін'єкційних паль (Ø620 мм) як альтернативи, що знижує собівартість без втрати несучої здатності.</p> <p>4. Аналіз ризиків: Оцінка впливу вібраційних та статичних навантажень на існуючу 14-поверхову забудову для виключення небезпечних методів (забивання шпунта).</p>
<p>2. Етап розробки (R&amp;D / Seed)</p> <p>(Проектування та розрахунки)</p>	<p>1. Математичне моделювання: Створення розрахункової моделі системи «кріплення – ґрунт – існуюча будівля» у програмних комплексах (LIRA-SAPR / PLAXIS) для визначення зусиль та переміщень.</p> <p>2. Оптимізація конструктиву: Розрахункове визначення мінімально необхідного армування паль (наприклад, 12 стержнів Ø16 А500С) та кроку паль (1,5 м), що забезпечує стійкість.</p> <p>3. Розробка технології: Створення технологічної карти на влаштування паль методом CFA (Continuous Flight Auger), яка гарантує відсутність декомпресії ґрунту біля фундаментів сусідів.</p> <p>4. Підготовка документації: Розробка розділів КБ (Конструкції будівельні) та ПОБ (Проект організації будівництва) з детальними вузлами дерев'яної забірки.</p>
<p>3. Етап валідації (Pilot Preparation)</p>	<p>1. Захист рішення в експертизі: Отримання позитивного висновку державної експертизи, що підтверджує відповідність розробленого рішення нормам ДБН В.1.2-</p>

<p>(Узгодження та експертиза)</p>	<p>12-2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови».</p> <p>2. Комерційна валідація: Презентація Замовнику (ТОВ «Вентбазар») порівняльного кошторису, що демонструє пряму економію 35-40% на матеріалах (бетон, метал) та скорочення термінів.</p> <p>3. Організаційна підготовка: Узгодження логістики на майданчику площею 0,31 га: схеми руху техніки, місць складування дошки для забірки та арматури, виключення перетинів з існуючими мережами.</p>
<p>4. Етап впровадження (Launch / Execution)</p> <p>(Виконання робіт на об'єкті)</p>	<p>1. Мобілізація ресурсів: Доставка на об'єкт однієї бурової установки, яка виконає і палі огороження, і палі фундаменту (оптимізація витрат на перебазування).</p> <p>2. Виробничий процес: Влаштування пальового ряду та поетапна розробка ґрунту ярусами по 0,5–1,0 м з одночасним монтажем забірки для запобігання вивалів ґрунту.</p> <p>3. Геотехнічний моніторинг: Організація постійного геодезичного контролю за горизонтальними зміщеннями верху огороження (не більше розрахункових 20-30 мм) та осадками сусідніх будинків.</p> <p>4. Здача робіт: Підписання актів прихованих робіт та передача фронту робіт для влаштування ростверку.</p>
<p>5. Етап масштабування (Scaling)</p> <p>(Комерціалізація технології)</p>	<p>1. Стандартизація продукту: Розробка типових альбомів рішень «Smart-Кріплення» для різних геологічних умов Києва (лесові ґрунти, піски).</p> <p>2. Маркетинг послуг: Пропозиція послуги «Геотехнічний аудит та оптимізація» для інших девелоперів, що дозволяє зменшити бюджет нульового циклу.</p> <p>3. Розширення портфелю: Адаптація технології для більш глибоких котлованів (із застосуванням ґрунтових анкерів замість консольної схеми).</p>

В умовах сучасної урбанізації Києва та критичного дефіциту вільних площ під забудову, освоєння підземного простору стає безальтернативним вектором розвитку будівельної галузі. Забудовники змушені зводити багатоповерхові

комплекси на малих ділянках у щільному оточенні існуючої інфраструктури, що вимагає влаштування глибоких котлованів для паркінгів та захисних споруд цивільного захисту.

Однак на ринку спостерігається проблема технічної інерції, коли для огороження котлованів автоматично застосовуються типові дорогі рішення, такі як «стіна в ґрунті», без врахування реальної гідрогеологічної ситуації. Актуальність даного стартап-проєкту полягає у вирішенні протиріччя між необхідністю забезпечення абсолютної безпеки прилеглої забудови та потребою забудовників у зниженні собівартості квадратного метра. Впровадження адаптивних інженерних рішень, які дозволяють відмовитися від надлишкових конструкцій у «сухих» ґрунтах, відповідає нагальним запитам ринку на оптимізацію інвестицій у «нульовий цикл» будівництва, який традиційно є найбільш витратним та ризикованим етапом.

Наукова та технічна новизна запропонованого проєкту полягає у розробці уніфікованої технологічної моделі «Smart-Кріплення», яка трансформує підхід до вибору огорожувальних конструкцій від шаблонного копіювання до розрахункового моделювання. Вперше для умов щільної забудови Святошинського району обґрунтовано комбіновану систему, що поєднує сучасну технологію буроін'єкційних паль (CFA), яка зазвичай використовується лише для фундаментів, із традиційною дерев'яною забіркою, створюючи гібридну конструкцію з високою несучою здатністю та низькою матеріаломісткістю. Інноваційна складова проєкту базується на повній уніфікації парку механізмів: використання паль єдиного діаметру 620 мм як для огороження, так і для несучого каркаса будівлі дозволяє відмовитися від залучення вузькоспеціалізованої техніки (грейферів, гідрофрез) та супутньої інфраструктури (бентонітових заводів). Крім того, новизна полягає у застосуванні поглибленого геотехнічного аналізу для доведення стійкості розрідженого ряду паль без використання анкерів у піщаних ґрунтах, що спростовує стереотип про необхідність суцільного бетонування і створює прецедент для оптимізації будівельних норм та правил у частині проєктування котлованів середньої глибини.

Таблиця 5.3 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проєкту

Критерій оцінки	Детальний опис та обґрунтування	Практичний прояв у проєкті (на прикладі об'єкта по вул. А. Булаховського, 5)
<b>1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОЄКТУ</b>		
Економічна доцільність в умовах кризи	В умовах зростання цін на будматеріали та енергоносії, забудовники шукають шляхи зниження собівартості квадратного метра. Традиційні рішення («стіна в ґрунті») для неглибоких котлованів є фінансово надлишковими. Стартап пропонує рішення, що зменшує капітальні витрати на етапі «нульового циклу» на 30–40%.	Відмова від суцільної бетонної стіни на користь розрідженого ряду паль економить близько 3,6 м <sup>3</sup> бетону на кожному погонному метрі огорожі (порівняння об'ємів 5,4 м <sup>3</sup> проти 1,81 м <sup>3</sup> ).
Адаптація до гідрогеологічних змін	Часто проєктанти закладають гідроізоляційні рішення «за замовчуванням». Актуальність полягає у відмові від дорогої гідроізоляції там, де вона не потрібна (сухі ґрунти), що дозволяє перерозподілити бюджет на більш важливі етапи будівництва.	Рівень ґрунтових вод на майданчику знаходиться на відмітках 141.60–142.00 м, що на 8–9 м нижче дна котловану 1111. Використання водопроникної дерев'яної забірки є абсолютно виправданим.
Містобудівна безпека (Urban Safety)	Ущільнення забудови Києва призводить до того, що нові об'єкти зводяться впритул до існуючих. Актуальним є застосування технологій, що гарантують відсутність динамічних впливів (вібрації) на старі фундаменти, запобігаючи аварійним ситуаціям та соціальним конфліктам.	Майданчик межує з 14-поверховим та 10-поверховим житловими будинками 2. Застосування технології CFA (безударне буріння) виключає ризик пошкодження цих будівель, на відміну від віброзанурення шпунта.
Логістична оптимізація	Будівництво в центрі міста або спальних районах часто	Площа ділянки всього 0,3149 гаЗ. Відмова від «стіни в

	відбувається на «клаптиках» землі. Актуальною є проблема розміщення громіздкої техніки та заводів з приготування розчинів. Стартап вирішує проблему дефіциту простору.	грунті» звільняє майданчик від бентонітового вузла (близько 100 м <sup>2</sup> ), що критично важливо для організації внутрішніх проїздів.
Уніфікація виробничих процесів	Зменшення номенклатури техніки на майданчику знижує накладні витрати генпідрядника. Актуальним є підхід «однією машиною робимо все», що мінімізує простої та витрати на перебазування механізмів.	Для огороження використовуються ті ж самі бурові установки, що й для влаштування пальового фундаменту будівлі (палі Ø620 мм) <sup>4</sup> .
<b>2. НОВИЗНА ПРОЄКТУ</b>		
Науково-технічна новизна	Розробка методики розрахунку комбінованої системи «залізобетонна паля + дерев'яна забірка» як єдиної конструкції, що працює в пружно-пластичній стадії. Обґрунтування можливості використання консольної схеми (без анкерів) для глибин 4–5 м у специфічних ґрунтових умовах (насіпні ґрунти на супісках).	Доведено розрахунком, що паля Ø620 мм з армуванням 12 стержнів Ø16 забезпечує стійкість при глибині котловану 4,0 м без додаткових розпірок, незважаючи на наявність насипного шару потужністю до 4,5 м <sup>5</sup> .
Конструктивна інновація	Впровадження гібридної конструкції огороження, де функція несучого елемента покладена на довговічний залізобетон, а функція огорожуючого елемента — на дешеву та легку деревину, яка є тимчасовою (на період бетонування стін паркінгу).	Поєднання буроін'єкційних паль з кроком 1,5 м та дерев'яного заповнення проміжків. Це рішення є нестандартним для багатоповерхового будівництва в Україні, де звикли до «суцільного бетону».
Технологічна адаптивність	Новизна полягає у розробці технологічної карти, що дозволяє вести роботи з влаштування огороження паралельно з влаштуванням пальового поля фундаменту, використовуючи «вікна» у	Синхронізація процесів: бурова установка виконує палі огороження по периметру, поки йде підготовка до масового буріння паль під основною будівлею, що скорочує загальний термін будівництва на 15–20%.

	графіку роботи бурової установки.	
Екологічна складова	Зменшення вуглецевого сліду будівництва за рахунок радикального скорочення використання цементу (виробництво якого є екологічно шкідливим) та відсутності необхідності утилізації хімічно забруднених бентонітових шлаків.	Відсутність потреби у вивезенні та захороненні відпрацьованого бентонітового розчину, що є обов'язковим при технології «стіна в ґрунті». Використання екологічно чистої деревини для забірки.
Комерційна новизна (Бізнес-модель)	Перехід від продажу «квадратних метрів стіни» до продажу «інженерного рішення». Стартап пропонує не просто виконання робіт, а комплексний геотехнічний консалтинг, який гарантує замовнику економію бюджету.	Монетизація здійснюється за рахунок частки від зекономлених коштів замовника (success fee) або через надання комплексних послуг проектування та супроводу (Design & Build) для складних ділянок.

### Аналіз конкурентного середовища

Таблиця 5.4 – Переваги ідеї проекту

Характеристика	Smart-Кріплення (Ваш проєкт)	Конкурент 1: «Стіна в ґрунті»	Конкурент 2: Шпунт Ларсена	Конкурент 3: Ін'єкційні анкери
Технологія	Буроін'єкційні палі (СФА) з дерев'яною забіркою.	Монолітна залізобетонна стіна в траншеї під бентонітом.	Занурення металевого профілю (віброзанурення/вдавлювання).	Палі + ґрунтові анкери, що виходять за межі ділянки.
Вартість (CAPEX)	Низька. Економія на бетоні та відсутність дорогих спецрозчинів.	Висока. Великі обсяги бетону, арматури та витрати на бентонітовий вузол.	Середня/Висока. Висока вартість металу. Оренда віброзанурювача.	Середня. Додаткові витрати на буріння анкерів та їх випробування.

Вплив на сусідів (Вібрація)	Відсутній. Безударне шнекове буріння. Безпечно для аварійних будинків.	Низький. Але робота грейфера може створювати динамічні навантаження.	Критичний. Вібрація руйнує фундаменти сусідів. Вдавлювання вимагає громіздкої техніки.	Низький. Але є юридичні ризики (вторгнення в чужу ділянку).
Потреба в площі майданчика	Мінімальна. Потрібна лише бурова установка та місце для арматури.	Велика. Потрібно розмістити завод для приготування та очистки бентоніту (100-150 м <sup>2</sup> ).	Середня. Потрібне місце для складування довгих (12м) шпунтин та роботи крана.	Мінімальна. Але потрібен доступ для бурової техніки по периметру.
Герметичність (Вода)	Низька. Проникна для води (недолік для мокрих ґрунтів, але норма для сухих).	Висока. Повна гідроізоляція.	Висока. Замки Ларсена не пропускають воду.	Залежить від типу стіни.
Відповідність умовам об'єкта	Ідеальна. (Сухий котлован глибиною 4 м, тісний майданчик).	Надлишкова. Гідроізоляція не потрібна (РГВ на -11 м). Перевитрата ресурсів.	Небезпечна. Ризик пошкодження 14-поверхівки поруч.	Проблемна. Анкери можуть перетнути існуючі мережі сусідів.

### SWOT-аналіз стартап-проєкту «Smart-Кріплення»

#### Сильні сторони (Strengths)

1. Радикальна економічна ефективність та оптимізація ресурсів. Головною перевагою проєкту є суттєве зниження собівартості робіт «нульового циклу». Завдяки переходу від суцільної «стіни в ґрунті» до розрідженого ряду паль, досягається економія бетону в обсязі близько 3,6 м<sup>3</sup> на кожному погонному метрі

огороження (зменшення матеріаломісткості у 3 рази). Додаткова економія формується за рахунок відмови від використання арматурних каркасів для ділянок між палями та виключення витрат на закупівлю, приготування та утилізацію дороговартісних бентонітових суспензій.

2. Гарантована безпека для оточуючої інфраструктури. Використання технології буріння CFA (Continuous Flight Auger — безперервний порожнистий шнек) забезпечує відсутність вібраційних та ударних навантажень на ґрунтовий масив. Це є критично важливим фактором для отримання дозволу на будівництво в умовах щільної забудови, зокрема на об'єкті по вул. А. Булаховського, 5, де відстань до існуючих 14-поверхового та 10-поверхового будинків є мінімальною. Технологія гарантує збереження цілісності фундаментів сусідніх споруд.

3. Логістична адаптивність до обмежених просторів. Технологічна схема проекту розроблена спеціально для роботи на малих будівельних майданчиках (площею 0,3–0,5 га). Відмова від комплексу обладнання для «стіни в ґрунті» (бентонітовий вузол, відстійники, шламопроводи) дозволяє звільнити до 150 м<sup>2</sup> корисної площі для організації складських зон та проїздів, що неможливо при використанні традиційних громіздких технологій.

4. Технологічна уніфікація та швидкість мобілізації. Проект передбачає використання єдиного типорозміру паль (діаметр 620 мм) як для огороження котловану, так і для пального поля фундаменту будівлі. Це дозволяє виконувати весь комплекс робіт однією буровою установкою без необхідності перебазування додаткової техніки (грейферів, копрів), що скорочує підготовчий період та загальні терміни будівництва.

## **2. Слабкі сторони (Weaknesses)**

1. Залежність від гідрогеологічних умов. Запропонована конструкція з дерев'яною забіркою є водопроникною, тому її використання обмежене виключно «сухими» котлованами, де рівень ґрунтових вод знаходиться нижче дна виробки. У випадку зміни геологічних умов або підйому рівня вод технологія потребуватиме значних модифікацій (водозниження, ін'єкційна гідроізоляція), що нівелює економічний ефект.

2. Висока частка ручної праці та залежність від людського фактору. Монтаж дерев'яної забірки між палями виконується вручну безпосередньо в процесі пошарової розробки ґрунту. Це створює підвищені вимоги до кваліфікації робітників, суворого дотримання техніки безпеки при роботі в траншеї та може дещо сповільнювати темп земляних робіт у порівнянні з повністю механізованими методами.

3. Стереотипне сприйняття замовників (Психологічний бар'єр). На ринку існує певна недовіра до комбінованих дерево-ґрунтових конструкцій, які сприймаються як «тимчасові» або «ненадійні» порівняно з капітальним бетоном. Це вимагає від команди стартапу додаткових зусиль на етапі продажів: проведення демонстраційних розрахунків, надання гарантій та роз'яснювальної роботи з технічними наглядами замовників.

### **3. Можливості (Opportunities)**

1. Зростання попиту на cost-effective рішення в умовах кризи. В умовах економічної нестабільності та зростання собівартості будівництва девелопери активно шукають шляхи оптимізації бюджетів. Технологія, що дозволяє заощадити 30–40% вартості на етапі «нульового циклу», має високий потенціал для швидкого захоплення частки ринку, особливо в сегменті житла економ- та комфорт-класу.

2. Розширення ніші реконструкції та ущільнювальної забудови. У великих містах (Київ, Львів, Одеса) скорочується кількість вільних ділянок, і будівництво зміщується в бік реконструкції та забудови складних ділянок у центрі. Технологія «делікатного» кріплення без вібрацій ідеально вписується в цю нішу, дозволяючи працювати поруч з історичними пам'ятками та аварійними будинками.

3. Масштабування бізнес-моделі (Design & Build). Існує можливість трансформації стартапу з підрядної організації в інжинірингову компанію повного циклу. Пропозиція комплексної послуги «Геотехнічний консалтинг + Проєктування + Реалізація» дозволить збільшити маржинальність та прив'язати клієнта до компанії на ранніх етапах девелопменту проєкту.

### **4. Загрози (Threats)**

1. Непередбачувані геологічні та техногенні ризики. Навіть при якісних вишукуваннях залишається ризик виявлення локальних лінз води («верховодки») або зон замочування ґрунту внаслідок поривів старих інженерних мереж. Вимивання ґрунту крізь щілини забірки може призвести до осідання поверхні за межами котловану, що вимагатиме екстрених аварійних заходів та може завдати репутаційних втрат.

2. Бюрократичний опір та експертні ризики. Органи державної експертизи можуть проявляти консерватизм при погодженні проєктної документації, вимагаючи застосування більш «традиційних» рішень з надлишковим запасом міцності (наприклад, анкерування консолей, що не є необхідним за розрахунком). Це може призвести до затягування строків виходу на майданчик.

3. Демпінг з боку великих гравців ринку. Великі будівельні холдинги («Київміськбуд», «Основа»), які мають власний парк техніки для «стіни в ґрунті», можуть тимчасово знижувати ціни на свої послуги, щоб не втратити замовлення. Конкурувати з ними за рахунок лише ціни може бути складно, якщо вони вирішать працювати на межі рентабельності заради завантаження потужностей.

## **1. Людські ресурси**

Для успішної реалізації стартап-проєкту «Smart-Кріплення» та впровадження запропонованої технології на об'єкті по вул. Академіка Булаховського, 5, сформовано оптимальну організаційно-штатну структуру, яка поділяється на інженерно-управлінський та виробничий персонал. Ключовою фігурою є керівник проєкту, який відповідає за загальну координацію, комунікацію з замовником та контроль бюджету, а технічну частину очолює провідний інженер-геотехнік, у завдання якого входить виконання розрахунків стійкості огороження у спеціалізованих програмних комплексах та авторський нагляд за виконанням робіт.

Безпосереднє виконання будівельно-монтажних робіт на майданчику покладається на спеціалізовану ланку під керівництвом виконроба, до складу якої входять машиністи бурової установки CFA (2 особи) для влаштування паль та бригада монтажників (3–4 особи), які виконують доробку ґрунту вручну та

встановлюють дерев'яну забірку. Загальна чисельність команди, залученої до реалізації технології, становить 8–10 фахівців, що дозволяє мінімізувати фонд оплати праці та накладні витрати, забезпечуючи при цьому високу мобільність та керованість процесами в умовах стисненого будівельного майданчика.

## **2. Технічні ресурси**

Технічне забезпечення реалізації стартап-проєкту «Smart-Кріплення» на будівельному майданчику по вул. Академіка Булаховського, 5, базується на принципах уніфікації та мінімізації парку механізмів. Основним виробничим активом є багатофункціональна бурова установка типу Liebherr LB-28 або Bauer BG-28, оснащена обладнанням для влаштування паль за технологією CFA (Continuous Flight Auger) діаметром 620 мм. Використання цієї установки дозволяє виконувати як палі фундаменту основної будівлі, так і палі огороження котловану без залучення додаткової спецтехніки, що суттєво знижує витрати на мобілізацію. Для забезпечення безперервності процесу бетонування паль залучається стаціонарний бетононасос (наприклад, Putzmeister BSA 1408 D) та автобетонозмішувачі, а земляні роботи з розкопки котловану та зачистки ґрунту між палями виконуються гусеничним екскаватором середнього класу типу CASE CX-240 у комплексі з самоскидами для вивезення ґрунту.

Допоміжне технічне оснащення включає засоби малої механізації та спеціалізоване обладнання для контролю якості. Для монтажу дерев'яної забірки та арматурних каркасів використовується ручний електроінструмент, зварювальні апарати та компресори. Важливим елементом технічних ресурсів є геодезичне обладнання (тахеометри, нівеліри), необхідне для точної розбивки осей паль та постійного моніторингу деформацій огороження й сусідніх будівель.

Крім того, проєкт передбачає використання ліцензійного програмного забезпечення (LIRA-SAPR, PLAXIS) для виконання геотехнічних розрахунків та моделювання поведінки конструкції, що є невід'ємною частиною інтелектуального ресурсу стартапу.

## **3. Фінансові ресурси**

Фінансова модель реалізації стартап-проєкту «Smart-Кріплення» базується на принципах проєктного фінансування із залученням комбінованих джерел капіталу, де стартові витрати на інжиніринг, виконання геотехнічних розрахунків у спеціалізованому програмному забезпеченні та отримання необхідних дозвільних документів покриваються за рахунок власних коштів розробників або мікроінвестицій. Основний обсяг оборотних коштів, необхідних для безпосереднього виконання будівельно-монтажних робіт на майданчику, формується за рахунок авансових платежів від Замовника будівництва (девелопера), що стає можливим завдяки демонстрації прозорого кошторису зі значною економією бюджету порівняно з традиційними технологіями.

Така схема дозволяє мінімізувати касові розриви та знизити потребу у зовнішньому кредитуванні на етапі запуску пілотного проєкту.

У структурі витрат лівову частку займають прямі матеріальні витрати на закупівлю товарного бетону, арматурного прокату та пиломатеріалів для влаштування забірки, а також операційні витрати на оренду спеціалізованої бурової техніки CFA та землерийних машин. Оптимізація фінансових ресурсів досягається завдяки уніфікації механізмів, коли оренда дороговартісної бурової установки розподіляється між кошторисами на огороження котловану та влаштування пального фундаменту будівлі, що суттєво знижує питомі витрати на одиницю продукції.

Прибутковість проєкту забезпечується високою маржинальністю запропонованого інженерного рішення, яка формується за рахунок різниці між низькою собівартістю ресурсозберігаючої пальново-дерев'яної конструкції та середньоринковими цінами на геотехнічні роботи, що дозволяє забезпечити рентабельність, достатню для покриття адміністративних витрат, виплати заробітної плати кваліфікованому персоналу та подальшого масштабування бізнесу.

#### **4. Інформаційні ресурси**

Інформаційний капітал стартапу «Smart-Кріплення» базується на поєднанні накопичених баз даних, ліцензійного програмного забезпечення та унікальних алгоритмів оптимізації інженерних рішень.

Ключовим ресурсом є цифрова база даних завершених геотехнічних кейсів та результатів натурних випробувань паль у різних типах ґрунтів, що дозволяє використовувати методи машинного навчання для попередньої оцінки вартості та стійкості майбутніх об'єктів на етапі тендерних пропозицій.

Важливою складовою є ліцензійне спеціалізоване ПЗ для чисельного моделювання за методом скінченних елементів (наприклад, PLAXIS 2D/3D або MIDAS GTS NX), яке дозволяє прогнозувати взаємодію системи «палля-ґрунт-забірка» з урахуванням нелінійної роботи масиву ґрунту, що є інтелектуальним ядром проєкту.

## **5. Партнерства та співпраця**

Стратегія партнерства та співпраці для стартапу «Smart-Кріплення» побудована на створенні екосистеми взаємовигідних відносин з ключовими гравцями будівельного ринку, що дозволяє компанії інтегруватися в технологічний ланцюг створення вартості.

Пріоритетним напрямком є стратегічне партнерство з генпідрядними організаціями, для яких стартап виступає спеціалізованим технологічним субпідрядником, що бере на себе найбільш ризиковану частину робіт - геотехнічне забезпечення безпеки котловану та сусідньої забудови.

Співпраця з девелоперськими компаніями будується на моделі інженерного консалтингу, де стартап залучається на стадії ТЕО (техніко-економічного обґрунтування) для проведення аудиту проєктних рішень та пропозиції варіантів оптимізації бюджету нульового циклу.

## **Висновок**

Підсумовуючи розробку стартап-проєкту «Smart-Кріплення», можна констатувати, що запропонована ідея є високотехнологічним та економічно обґрунтованим рішенням актуальної проблеми сучасного міського будівництва.

Впровадження технології пальового огородження із дерев'яною забіркою

(Soldier Piles) в умовах щільної забудови дозволяє досягти балансу між трьома критичними чинниками: мінімізацією вартості, гарантуванням безпеки та високою швидкістю виконання робіт.

Економічний аналіз підтверджує, що стартап має значний потенціал прибутковості завдяки радикальному зниженню матеріаломісткості (економія бетону до 60% порівняно зі «стіною в ґрунті») та оптимізації використання спецтехніки. Використання безвібраційного буріння методом CFA робить проєкт унікальним нішевим продуктом для роботи в історичних центрах міст та поблизу аварійних споруд, де традиційні методи забивання чи віброзанурення шпунта є недопустимими.

Проведений SWOT-аналіз засвідчив, що попри певні ризики, пов'язані з мінливістю гідрогеологічних умов та консервативністю будівельного ринку, можливості масштабування проєкту значно переважають загрози. Стратегічні партнерства з девелоперами та використання сучасних програмних комплексів для геотехнічного моделювання дозволяють стартапу трансформуватися з вузькопрофільного субпідрядника у потужну інжинірингову компанію.

Загалом, реалізація стартапу «Smart-Кріплення» сприятиме не лише підвищенню рентабельності окремих будівельних об'єктів, а й розвитку вітчизняного ринку геотехнічних послуг у напрямку ресурсозбереження та екологічності. Проєкт повністю готовий до практичного впровадження на майданчиках зі складними умовами забудови, що підтверджено розрахунками міцності та стійкості конструкцій для реального об'єкта.

### **Ключові види діяльності**

Ці процеси складають основу створення цінності стартапу та забезпечують його конкурентоспроможність:

#### **1. Геотехнічний інжиніринг та проєктування:**

- Адаптація типових конструкторських рішень під конкретні геологічні умови кожного нового об'єкта.
- Математичне моделювання поведінки ґрунтового масиву та огороження в спеціалізованому ПЗ (LIRA-SAPR, PLAXIS).

— Проведення альтернативних розрахунків для доведення економічної вигоди перед замовником.

## **2. Виробничо-технологічна діяльність:**

- Виконання бурових робіт за технологією CFA для влаштування пальових рядів.
- Пошаровий монтаж дерев'яної забірки в процесі розкопки котловану.
- Забезпечення армування та бетонування паль згідно з технологічним регламентом.

## **3. Управління ризиками та моніторинг:**

- Інструментальний контроль за вертикальністю буріння та тиском подачі бетону.
- Геодезичний моніторинг за осадками сусідніх будівель та деформаціями верху огороження.
- Оперативне коригування технологічного процесу у разі виявлення прихованих техногенних мереж або аномалій ґрунту.

## **4. Маркетинг та розвиток бізнесу:**

- Презентація технології девелоперам на етапі розробки концепції (pre-development).
- Формування бази кейсів із реальними показниками економії бюджету.
- Участь у тендерах на складні об'єкти в умовах ущільненої міської забудови.

### Канали збуту

Це основний канал для інжинірингового стартапу, де продаж відбувається через особистий контакт та технічну експертизу:

Активні продажі девелоперам: Прямі переговори з технічними директорами та директорами з будівництва інвестиційно-будівельних компаній на етапі, коли вони тільки отримали містобудівні умови та обмеження.

Робота з тендерними відділами: Моніторинг та участь у закритих тендерах великих забудовників на влаштування огороження котлованів та паливних фундаментів.

Участь у профільних виставках та форумах: Презентація технології на заходах типу Kyiv Build або форумах девелоперів, що дозволяє зібрати базу "теплих" контактів.

Партнерські канали (Indirect Sales)

Використання посередників, які вже працюють із замовником на ранніх етапах проектування:

Проектні організації: Співпраця з архітектурними та конструкторськими бюро. Якщо проєктант закладе вашу технологію "Smart-Кріплення" в розділ конструкцій (КБ), замовник автоматично стане вашим клієнтом.

Геологічні компанії: Партнерство з організаціями, що виконують вишукування. Вони першими дізнаються про складні умови на ділянках і можуть рекомендувати ваше рішення як найбільш оптимальне для даної геології.

Геотехнічні консультанти: Співпраця з експертами, які проводять аудит проєктів для замовників з метою оптимізації бюджету.

Цифрові канали та контент-маркетинг

Служать для формування іміджу експерта та залучення вхідних запитів:

Професійний вебсайт-портфоліо: Сайт із детальними кейсами, де продемонстровано реальні цифри економії (наприклад, "Як ми заощадили 2 млн грн на вул. Булаховського") та результати розрахунків у PLAXIS/LIRA.

LinkedIn та професійні спільноти: Публікація експертних статей про проблеми забудови в умовах ущільненого міста та переваги безвібраційних методів буріння.

Email-розсилка для забудовників: Регулярне надсилання аналітичних матеріалів та нових реалізованих кейсів бази потенційних замовників.

Рекомендаційні канали (Word of Mouth)

Рекомендації технагляду та держекспертизи: Після успішної реалізації кількох об'єктів без аварій та з дотриманням бюджету, фахівці технагляду часто рекомендують перевірену технологію на нові проекти.

Кейс-стаді (Case Studies): Підготовка детальних звітів про успішне завершення складних ділянок, які поширюються серед професійної спільноти як доказ надійності.

### Бізнес-модель проекту (обладнання, технології)

Бізнес-модель стартап-проекту «Smart-Кріплення» базується на пропозиції високотехнологічної послуги з оптимізації нульового циклу, де головним продуктом є не оренда техніки, а інтелектуальне рішення, що дозволяє замовнику суттєво зекономити кошти.

#### 1. Технологічна основа (Core Technology)

В основі бізнес-моделі лежить перехід від енергоємних та матеріаломістких методів до адаптивного геотехнічного проектування.

Метод CFA (Continuous Flight Auger): Технологія безперервного порожнистого шнека забезпечує швидке влаштування паль без декомпресії ґрунту. Це дозволяє працювати впритул до існуючих споруд без ризику їх осідання.

Конструктивна схема «Soldier Pile»: Використання паль як жорстких консольних стійок, що сприймають основний тиск, у поєднанні з гнучкою дерев'яною забіркою. Це технологічне рішення є ключовим фактором зниження вартості.

Цифрове моделювання: Використання спеціалізованого ПЗ (наприклад, PLAXIS) для точного розрахунку мінімально необхідного кроку та армування паль, що дозволяє уникнути надмірних запасів міцності, які здорожують проект.

#### 2. Технічне та виробниче обладнання (Hardware Resources)

Модель передбачає використання потужної бурової техніки, здатної працювати в складних міських умовах.

Бурові установки: Використання важких гідравлічних бурових установок

(типу Bauer BG або Liebherr LB), оснащених бортовими комп'ютерами для контролю параметрів буріння та бетонування в режимі реального часу.

Бетононасосне обладнання: Високопродуктивні стаціонарні бетононасоси, що забезпечують безперервну подачу бетону під тиском через порожнистий шнек, що гарантує високу щільність палі та її зчеплення з ґрунтом.

Землерийний комплекс: Екскаватори з подовженою стрілою для поетапної розробки котловану та забезпечення доступу для монтажу забірки.

### 3. Структура створення цінності (Value Chain)

Бізнес-модель працює за принципом «Engineering-First»:

Геотехнічний аудит: Аналіз наявного проєкту (наприклад, де закладена «стіна в ґрунті») та розрахунок альтернативи за технологією «Smart-Кріплення».

Демонстрація економії: Презентація замовнику порівняльної таблиці витрат бетону та металу.

Виконання робіт: Реалізація проєкту власною або орендованою технікою з суворим дотриманням розрахункових параметрів.

Моніторинг: Надання послуг з геодезичного контролю, що входить у вартість контракту та гарантує безпеку сусідніх будинків.

### 4. Економічна логіка (Revenue Model)

Монетизація проєкту здійснюється за двома сценаріями:

Контракт на виконання робіт (Turnkey Contractor): Стандартна оплата за одиницю виміру (м.п. палі, м<sup>2</sup> забірки), але з вищою рентабельністю за рахунок використання дешевших матеріалів та меншої кількості техніки.

Модель «Share the savings»: Спеціальна пропозиція для девелоперів, де вартість інжинірингових послуг стартапу прив'язана до відсотка від суми коштів, які замовник зекономив завдяки заміні дорогої технології на нашу.

### 5. Ключові ресурси бізнес-моделі

Ресурс	Роль у бізнес-моделі
Інтелектуальна власність	Методики розрахунку та власні типові вузли кріплення забірки до палі.

Парк спецтехніки	Орендовані або власні бурові установки, адаптовані під метод СФА.
Кваліфікований персонал	Інженери-розрахунковці та оператори бурових установок з досвідом роботи в умовах щільної забудови.

### Аналіз ризиків стартап проекту

Аналіз ризиків є критичним етапом планування стартапу «Smart-Кріплення», оскільки геотехнічні роботи характеризуються високим ступенем невизначеності через складність прогнозування поведінки ґрунтового масиву. Нижче наведено детальний аналіз ключових ризиків, розділений за категоріями.

#### 1. Технічні та геологічні ризики

Це найбільш небезпечна група ризиків, що безпосередньо впливає на безпеку об'єкта.

— Ризик: Виявлення неучтених інженерно-геологічних особливостей.

Навіть при наявності звіту про вишукування, існує ймовірність натрапити на локальні «лінзи» пливунів або зони слабкого ґрунту.

- Наслідки: Непередбачувані деформації огороження.
- Заходи запобігання: Виконання лідерного буріння та адаптивне коригування кроку паль у процесі роботи.

— Ризик: Техногенні аварії на існуючих мережах. Порив водопроводу чи каналізації поруч із котлованом може призвести до швидкого замочування ґрунту.

- Наслідки: Вимивання ґрунту крізь щілини дерев'яної забірки, що спричиняє просідання поверхні біля сусідніх будинків.
- Заходи запобігання: Попереднє шурфування комунікацій та наявність на майданчику запасу матеріалів для екстреного тампонування (геотекстиль, швидкотв'єрднучі суміші).

#### 2. Технологічні ризики

Пов'язані безпосередньо з процесом виконання будівельних робіт.

— Ризик: Відмова або поломка бурової установки СФА. Оскільки вся

технологія тримається на одній машині, її вихід із ладу зупиняє весь ланцюг.

- Заходи запобігання: Вибір надійних партнерів з оренди техніки з можливістю оперативної заміни або наявності виїзної сервісної бригади.

— Ризик: Декомпресія ґрунту при порушенні технології буріння. Якщо шнек піднімається занадто швидко без належного тиску бетону, виникає порожнеча.

- Заходи запобігання: Використання бортових комп'ютерів (системи моніторингу типу Jean Lutz), які автоматично контролюють об'єм подачі бетону відносно швидкості підйому шнека.

### 3. Фінансово-економічні ризики

Ризики, що впливають на рентабельність стартапу.

— Ризик: Різне зростання цін на матеріали (бетон, арматура, деревина). Оскільки маржинальність базується на економії, подорожчання складників знижує привабливість рішення.

- Заходи запобігання: Фіксація цін у договорах із постачальниками на етапі отримання авансу від замовника.

— Ризик: Касові розриви. Затримки оплати за виконані етапи з боку девелопера при необхідності вчасно платити за оренду дорогої техніки.

- Заходи запобігання: Поетапне актування робіт (кожні 10-15 палів) та створення резервного фонду.

### 4. Юридичні та репутаційні ризики

— Пов'язані з роботою в умовах щільної забудови та конфліктами.

— Ризик: Протести мешканців сусідніх будинків. Будь-яке будівництво в центрі міста викликає супротив.

- Заходи запобігання: Проведення незалежного технічного обстеження сусідніх будинків до початку робіт (фіксація наявних тріщин) та відкрита демонстрація даних моніторингу,

що підтверджують безпеку технології.

— Ризик: Зауваження державної експертизи. Консерватизм експертів щодо використання дерева як тимчасового кріплення для об'єктів СС2.

- Заходи запобігання: Залучення профільних наукових інститутів для наукового супроводу та рецензування розрахунків.

## ВИСНОВОК

У магістерській дисертації проведено комплексне дослідження та обґрунтування оптимального способу влаштування огороження котловану в умовах щільної міської забудови на прикладі будівництва по вул. Академіка Булаховського, 5 у Святошинському районі м. Києва. На основі аналізу інженерно-геологічних умов ділянки встановлено, що ключовим чинником вибору технології є залягання ґрунтових вод на значній глибині (понад 11 метрів) та безпосередня близькість багатоповерхових житлових будинків, що вимагає застосування безвібраційних та економічно ефективних методів будівництва.

Шляхом порівняльного аналізу трьох варіантів кріплення - шпунтової огорожі, монолітної «стіни в ґрунті» та пальового огороження із забіркою - було доведено технічну та економічну недоцільність перших двох методів для даного об'єкта.

Розрахунки підтвердили, що шпунтова огорожа створює неприпустимі динамічні ризики для сусідньої забудови, а «стіна в ґрунті» є функціонально надлишковою та призводить до трикратної перевитрати бетонної суміші. Оптимальним рішенням визначено систему «Soldier Piles» - розріджений ряд буроін'єкційних паль діаметром 620 мм із дерев'яною забіркою.

Виконані геотехнічні розрахунки стійкості конструкції підтвердили, що запропонована схема з кроком паль 1,5 м надійно сприймає активний тиск ґрунту та корисне навантаження на брівці котловану без використання додаткових розпірних систем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.1-10-2018 «Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування»;
2. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»;
3. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого
4. трьохкомпонентного бетону»;
5. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»;
6. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)
7. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування»;
8. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування»;
9. ДБН В.1.2-7:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека»;
10. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів»;
11. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 «Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій»;
12. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві»;
13. ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 «Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії»;
14. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії».
15. ДБН В.2.2-5-2023 «Захисні споруди цивільного захисту»