

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Будівництва та експлуатації  
будівель, доріг та транспортних споруд \_\_\_\_\_  
О. П. Новицький

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Оцінка несучої здатності ґрунту з використанням сучасних програм на прикладі 9-ти поверхового будинку в м. Київ»

Виконав (ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

О. В. Коренєв

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-1м  
\_\_\_\_\_

(Науковий)  
керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

М. В. Нагорний

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра:** Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд  
**Спеціальність:** 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Коренєв Олександр Вікторович**

**Тема роботи:** Оцінка несучої здатності ґрунту з використанням сучасних програм на прикладі 9-ти поверхового будинку в м. Київ

Затверджено наказом по університету № \_\_\_\_\_ від "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, 2.1. Оцінка геологічних умов будівельного майданчика, Розділ 3.



## Анотація

**Коренєв Олександр Вікторович** «Оцінка несучої здатності ґрунту з використанням сучасних програм на прикладі 9-ти поверхового будинку в м. Київ» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Несуча здатність ґрунтів основи є визначальним фактором для стабільності та безпеки будівель, особливо у районах з просідаючими та слабкими ґрунтами. Недостатня несуча здатність може спричинити надмірні осідання, деформації конструкцій і навіть руйнування фундаментів. Тому підвищення несучої здатності ґрунтів є ключовим завданням у проектуванні довговічних і надійних будівельних об'єктів.

У цьому дослідженні розглядається метод ін'єкції цементу під високим тиском для підвищення міцності ґрунтів земляного полотна. Використання цього методу дозволяє значно покращити розподіл навантаження та зменшити ризики осідання, що є особливо актуальним для будівництва в геотехнічно складних умовах. Комплексний підхід, який включає геотехнічні випробування та чисельне моделювання, дає змогу детально оцінити ефективність ін'єкції цементу для поліпшення несучої здатності.

Дослідження також передбачає порівняльний аналіз ефективності ін'єкції цементу з іншими методами стабілізації ґрунтів, такими як глибоке перемішування та ущільнювальна цементація. На основі отриманих результатів розроблено інженерні рекомендації для практичного

застосування методу ін'єкції під час проєктування фундаментів. Це дозволяє оптимізувати розподіл навантаження та мінімізувати осідання, забезпечуючи більшу надійність та довговічність будівель.

Ключові слова: основи, ґрунт, фундамент.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Нагорний М. В., Коренєв О., ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.116

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 54 сторінках, у тому числі 3 таблиці, 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 18 використаних джерел. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

Korenev Oleksandr Viktorovych “Assessment of the bearing capacity of the soil using modern programs on the example of a 9-storey building in Kyiv” - Master's thesis in the form of a manuscript.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The work consists of the table of contents, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions on the results of the ICR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the study, and research methods are formulated.

The bearing capacity of the foundation soils is a determining factor for the stability and safety of buildings, especially in areas with subsiding and weak soils. Insufficient bearing capacity can lead to excessive settlements, structural deformations, and even foundation collapse. Therefore, increasing the bearing capacity of soils is a key task in the design of durable and reliable construction projects.

This study examines the method of high-pressure cement injection to increase the strength of subgrade soils. The use of this method can significantly improve load distribution and reduce the risk of settlement, which is especially relevant for construction in geotechnically complex conditions. The integrated approach, which includes geotechnical testing and numerical modeling, allows for a detailed assessment of the effectiveness of cement injection to improve bearing capacity.

The study also includes a comparative analysis of the effectiveness of cement injection with other soil stabilization methods, such as deep mixing and compaction cementation. Based on the results obtained, engineering recommendations were developed for the practical application of the injection method in the design of foundations. This allows optimizing load distribution and minimizing settlement, ensuring greater reliability and durability of buildings.

**Keywords:** bases, soil, foundation.

List of publications and/or conference presentations of the student:

1. Nahorni M.V., Korenev O., RESEARCH AND CALCULATION OF BASES USING SOFTWARE COMPLEXES // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, p.116

The appendices contain the abstracts of the conference, an album of slides of the multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 54 pages, including 3 tables, 10 figures. The text of the paper contains a general description of the work, 4 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 18 references. The graphic part consists of 17 slides of a multimedia presentation.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Оцінка геологічних умов будівельного майданчика.....</b>	<b>12</b>
<b>Розділ 3. Розрахунок фундаментів з використанням сучасних програм..</b>	<b>32</b>
<b>Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1. Ситуаційний план.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2. Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>43</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>53</b>

## **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми:** Актуальність теми оцінки несучої здатності з використанням сучасних програм зумовлена необхідністю точного і ефективного аналізу поведінки ґрунтів при проектуванні фундаментів для будівель. Оскільки традиційні методи не завжди дають достатньо точні результати, використання програмного забезпечення для моделювання ґрунтових умов дозволяє проводити більш детальну оцінку міцності, деформацій та розподілу навантажень. Це дозволяє знизити ризики осідання, пошкодження конструкцій і навіть руйнувань, що є особливо важливим для будівництва в геотехнічно складних районах, де ґрунти можуть бути нестабільними, слабкими або схильними до зміни своїх властивостей під впливом вологості чи навантажень.

Сучасні програми для геотехнічного моделювання дають змогу створювати віртуальні моделі ґрунтових масивів, що дозволяє з високою точністю прогнозувати їхню поведінку в умовах реальних навантажень. Це дає можливість оптимізувати проекти фундаментів, скоротити витрати на дослідження та тестування і підвищити безпеку будівель. Тому використання таких технологій є важливим кроком у розвитку сучасної інженерії та забезпеченні надійності та довговічності інфраструктури.

**Мета і завдання дослідження:** **Мета дослідження:** Оцінити ефективність використання сучасних програмних засобів для оцінки несучої здатності ґрунтів, а також удосконалити методи моделювання та аналізу механічних властивостей ґрунтів для покращення точності проектування фундаментів будівель і зниження ризиків осідання та деформацій.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасні методи оцінки несучої здатності ґрунтів з використанням програмного забезпечення та їх переваги порівняно з традиційними методами.

2. Оцінити точність та ефективність застосування чисельних методів моделювання для розрахунку міцності та деформацій ґрунтів під навантаженнями.

3. Визначити можливості для інтеграції програмних засобів у процес проектування фундаментів з метою зниження ризиків та оптимізації розподілу навантаження.

4. Порівняти різні підходи до оцінки несучої здатності ґрунтів та визначити найбільш ефективні методи для практичного застосування в будівництві.

**Об'єкт дослідження:** 9-ти поверховий житловий будинок в місті Київ.

**Предмет дослідження:** Оцінка несучої здатності ґрунту з використанням сучасних програм.

**Методи дослідження:** У дослідженні використовується поєднання геотехнічного аналізу, комп'ютерного моделювання та емпіричної оцінки для кількісної оцінки покращення несучої здатності внаслідок стабілізації ґрунту.

Геотехнічні випробування: Для оцінки міцності, жорсткості та деформаційних характеристик ґрунту до і після ін'єкції цементу під високим тиском проводяться стандартні випробування на проникнення, випробування на проникнення конусом та випробування на навантаження пластиною.

Чисельне моделювання: Аналіз методом скінченних елементів використовується для моделювання розподілу навантаження і поведінки напружено-деформованого стану оброблених ґрунтів, що дозволяє детально оцінити покращення несучої здатності.

Тематичні дослідження: Аналізуються реальні приклади застосування ін'єкції цементу в проектах зі стабілізації фундаментів з акцентом на вимірному підвищенні несучої здатності та зниженні ризиків осідання.

Порівняльний аналіз: Дослідження порівнює ін'єкцію цементу під високим тиском з іншими традиційними методами поліпшення ґрунту, такими як глибоке перемішування ґрунту та ущільнювальна цементация, щоб визначити найбільш ефективний підхід для підвищення несучої здатності.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Науковою новизною цього дослідження є узагальнення інформації про проведення геологічних досліджень. В роботі буде описано процес дослідження для різних ділянок. Також буде детальний процес проведення дослідження геологічних досліджень з використанням сучасних програмних комплексів на прикладі конкретної ділянки. Результати показали численні недоліки ґрунту в цьому районі, тому для забезпечення надійної основи необхідно провести додаткове зміцнення цементуванням.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Нагорний М. В., Коренєв О., ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.116

## **РОЗДІЛ 2. БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Оцінка геологічних умов будівельного майданчика**

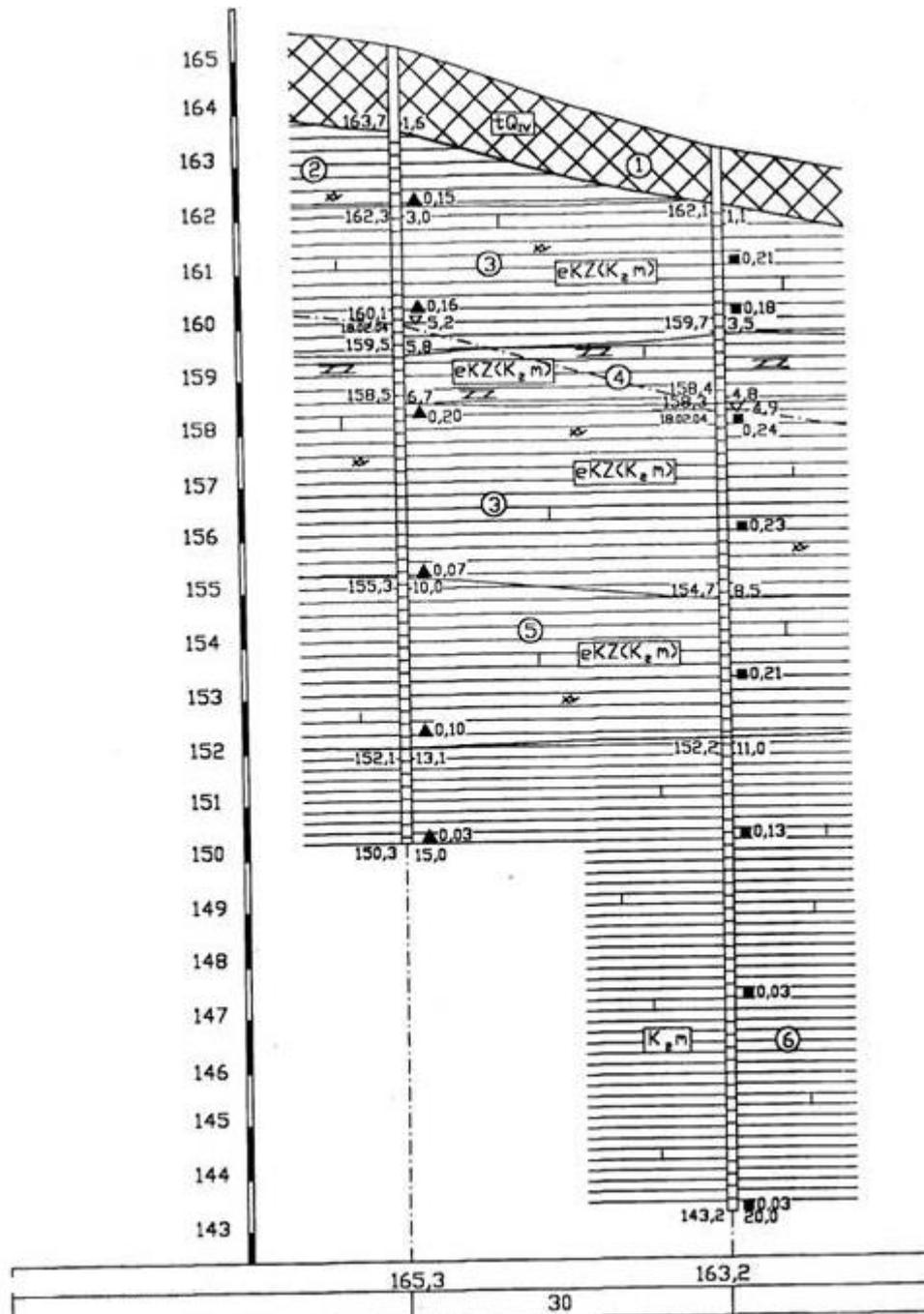
Інженерно-геологічні вишукування надали детальну оцінку ґрунтових умов, які впливають на конструкцію фундаменту. Фундамент розташований на інженерній засипці та шарі твердої глини, його основа розташована на висоті 160,89 метрів, безпосередньо над шаром напівтвердої глини, що зазнала впливу процесів розчинення. Механічні та деформаційні властивості цієї напівтвердої глини були виміряні за допомогою лабораторних випробувань на стиснення. Модуль деформації глини знаходиться в межах від 0,17 до 0,19 МПа, визначений з використанням перехідного коефіцієнта 3,16, який був встановлений шляхом кореляції опору проникненню під час буріння свердловини з результатами лабораторних випробувань на стиснення.

Щоб підвищити точність оцінок і врахувати неоднорідність ділянки, було виконано альтернативне перекалібрування з використанням вищого перехідного коефіцієнта 4,45. Це дозволило отримати більш консервативну оцінку деформаційної поведінки ґрунту в умовах очікуваного структурного навантаження.

Рівень ґрунтових вод був зафіксований в діапазоні від 158,46 до 160,15 метрів, що свідчить про помірні коливання в межах зони фундаменту. Хімічний аналіз ґрунтових вод підтвердив їх неагресивні характеристики по відношенню до бетону, незалежно від класу проникності. Це відповідає стандартизованим критеріям агресивності ґрунтових вод, що підтверджує відсутність необхідності в додаткових захисних заходах для запобігання хімічної дегградації матеріалів фундаменту[8].

Інженерно-геологічна оцінка показала, що верхній шар ґрунту в основному складається з глини з низькою міцністю на зсув, що робить його схильним до надмірного осідання і структурної нестабільності під навантаженням. Ці слабкі ґрунти створюють значні проблеми при проектуванні фундаментів через їхню обмежену несучу здатність і

схильність до довготривалих деформацій. Крім глини, в надрах містяться відкладення, зокрема торф, який має надзвичайно низьку структурну міцність і високий вміст органічних речовин. Торф піддається сильному стисненню під навантаженням, що призводить до непередбачуваних зсувів ґрунту та підвищеного ризику руйнування фундаменту.



**Рис. 2.1. Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика**

Через низькі механічні властивості цих ґрунтів, для визначення можливості будівництва фундаменту необхідна ретельна геотехнічна оцінка.

Для цього потрібен глибокий аналіз взаємодії ґрунту і конструкції за різних умов навантаження, враховуючи поведінку осідання, швидкість консолідації та механізми руйнування. Стандартні мілкозаглиблені фундаменти можуть виявитися недостатніми, що вимагає використання глибоких фундаментних систем, таких як забивні або буронабивні палі, або методів стабілізації ґрунту, включаючи ущільнення, цементування або попереднє навантаження для підвищення несучої здатності[1].

Окрім структурних міркувань, при виборі оптимальної стратегії будівництва фундаменту вирішальне значення має порівняльний аналіз витрат. Ця оцінка враховує початкові витрати на будівництво, довгострокове технічне обслуговування та потенційні витрати внаслідок зсуву або просідання ґрунту. Баланс між технічними вимогами та економічною доцільністю гарантує, що обрана фундаментна система відповідає як правилам безпеки, так і фінансовим обмеженням. Такий комплексний підхід оптимізує надійність конструкції, мінімізуючи витрати протягом життєвого циклу, що робить його критично важливим аспектом сталого та економічно ефективного будівництва фундаментів.

Геологічні дослідження надали необхідні дані про стан ґрунтів, що дозволило провести точні розрахунки несучої здатності конструкції. Аналізована конструкція являє собою тришарнірну залізобетонну конструкцію із залізобетонними плитами та цегляними стінами. Включення геологічного аналізу в будівельні проекти є критично важливим, оскільки він надає інформацію для прийняття проектних рішень шляхом визначення підземних обмежень, оптимізації розміщення фундаменту, вибору методів будівництва, прогнозування експлуатаційних ризиків та впровадження заходів для зменшення потенційних геологічних небезпек.

Геологічні фактори, такі як розтріскування ґрунту, диференціальні осідання, зсуви та оголення порід, суттєво впливають на цілісність та довгострокову стабільність конструкції. Їхній вплив залежить від типу конструкції та функції, що вимагає спеціальних геотехнічних оцінок.

Наприклад, тонкий слабкий шар глини, вбудований у міцнішу гірську породу, створює різні проблеми залежно від того, чи йдеться про житловий будинок чи споруди з більшим навантаженням.

**Таблиця 2.1. Класифікація фізико-геологічних явищ**

Основні причини виникнення і розвитку явищ	Фізико-геологічні явища
1. Діяльність агентів вивітрювання	Вивітрювання
2. Діяльність поверхневих вод (морів, озер, річок, каналів)	Підмивання берегів та їх обвалення (морська і річкова абразія). Розмивання схилів (балки, яри) Селі
3. Діяльність поверхневих і підземних вод	Болота, просідання, карст
4. Діяльність поверхневих і підземних вод на схилах	Зсуви
5. Діяльність підземних вод	Суфозія Пливуни
6. Промерзання і відтанення ґрунту	Промерзання і пучинність Багаторічна мерзлота та її прояви
7. Дія внутрішніх сил Землі	Сейсмічні явища
8. Інженерна діяльність людини	Осідання, стискання, набрякання, поверхневі і підземні деформації в штучних підземних виробках

Для підвищення точності аналізу геологічні умови систематично класифікуються на однорідні групи, що дозволяє проводити цілеспрямовані дослідження і застосовувати спеціалізовані методи дослідження. До таких груп належать геологічне середовище, фізичні геологічні явища та інженерно-геологічні процеси[3].

Класифікація фізико-геологічних явищ полегшує ідентифікацію, аналіз та зменшення геологічних ризиків, надаючи структуровані методології для оцінки стану ґрунтів. Визнання та усунення цих небезпек дозволяє інженерам передбачати несприятливі події та проектувати споруди з достатнім запасом міцності. Забезпечення сумісності між геологічними умовами і структурним дизайном має важливе значення для досягнення довгострокової стабільності, довговічності та експлуатаційної безпеки в інженерних проектах.

Ця класифікація підкреслює необхідність визначення першопричин фізичних і геологічних явищ, пропонуючи відчутні переваги, спрямовуючи зусилля на пом'якшення або усунення цих факторів. Визначивши конкретні механізми, що керують геологічними процесами, інженери можуть розробити цілеспрямовані заходи, спрямовані на усунення факторів, що стоять за потенційними геотехнічними проблемами. Наприклад, розуміння причин розрідження ґрунту, зсувів або просідання ґрунту дозволяє впроваджувати превентивні або коригувальні заходи, які підвищують безпеку конструкцій і знижують довгострокові ризики.

Однак, хоча ця класифікація має практичні переваги, вона представляє спрощений погляд на складну взаємодію між природними геологічними процесами та інженерною діяльністю людини. Початкова структура не повністю охоплює інженерно-геологічні процеси, спричинені такою діяльністю, як будівництво, видобуток ресурсів або урбанізація. Такі процеси, як ущільнення ґрунту, виснаження ґрунтових вод та дестабілізація схилів, спричинена земляними роботами, вносять додаткову динаміку в геологічні системи, тим самим ускладнюючи оцінку стабільності та структурної цілісності ділянки.

Для усунення цих недоліків була запропонована альтернативна класифікація, яка забезпечує більш комплексний підхід до розуміння інженерно-геологічних процесів. Ця переглянута структура розширює сферу застосування, включаючи антропогенний вплив та його наслідки для геологічного середовища. Вона включає такі фактори, як зміни напружень, спричинені будівництвом, модифікації потоку підземних вод і деградацію матеріалів.

**Таблиця 2.2. Класифікація геологічних процесів**

<b>Природні геологічні явища</b>	<b>Інженерно-геологічні процеси</b>
1. Ущільнення осадків в процесі діагенезу під впливом ваги наступних відкладів. Ущільнення порід під впливом навантажень від льодовиків і т.п.	Ущільнення порід в основах споруд
2. Ущільнення лесів в процесі епігенезу з утворенням степових блюдець	Просадкові явища в лесах внаслідок протікань з водогонів та фільтрації води з каналів
3. Наледі, льодяні бугри, термокарст і т.п.	Мерзлотні деформації порід в основах споруд та пучіння на дорогах
4. Зсуви, спливання, обвали, осипання	Деформація штучних укосів
5. Абразія по берегах морів та озер	Переробка берегів водосховищ
6. Провали над карстовими порожнинами	Зрушення гірських порід при підземних роботах

Аналіз оцінює вплив геологічних умов на інженерно-геологічну оцінку ділянки з подальшим вивченням фізичних геологічних явищ та інженерних процесів. Розуміння взаємодії між природними та антропогенними факторами має важливе значення для планування будівництва. Кожне дослідження починається з комплексного аналізу всіх наявних геологічних даних, включаючи структурний склад, гідрогеологію, клімат, властивості матеріалів фундаменту і топографію.

На попередньому етапі збираються наявні геологічні дані з архівів, науково-дослідних інститутів, опублікованих досліджень, а також дані аналогічних будівельних проектів у подібних умовах. Ретельна оцінка цих ресурсів, доповнена, за необхідності, рекогносцирувальними дослідженнями, дозволяє розробити цільовий план досліджень для оптимізації польових робіт.

Після логістичної підготовки проводяться польові роботи, що включають топографічну зйомку, розвідувальне буріння, геофізичні оцінки та інші спеціалізовані дослідження. Ці роботи надають прямі дані про умови ґрунту, що мають вирішальне значення для проектування та будівництва. Відбір зразків ґрунту та лабораторний аналіз ще більше поглиблюють розуміння геологічних та геотехнічних властивостей.

Камерний етап передбачає систематичний аналіз даних у контрольованих умовах, що призводить до підготовки інженерно-геологічних та геотехнічних звітів. У цих звітах узагальнюються результати польових досліджень, надаються найважливіші дані для проектних команд і містяться детальні висновки щодо придатності та геологічної стабільності ділянки.

Обсяг інженерно-геологічних досліджень залежить від декількох факторів, включаючи стадію проектування (попереднє або детальне), рівень знань про ділянку, геологічну складність, ґрунтові умови та технічні вимоги до запланованої споруди. На ділянках зі складною стратиграфією і

нестабільними ґрунтами потрібні більш масштабні дослідження для оцінки стабільності ділянки і прогнозування геологічних небезпек.

Більшість геологічних оцінок проводяться до етапу проектування, забезпечуючи визначення характеристик ґрунту та інженерних обмежень. Ці дослідження допомагають визначити оптимальне розташування споруди, оцінити геологічні впливи на проект та оцінити вплив споруди на геологічні процеси. Дослідження фундаменту встановлюють механічні та фізичні властивості ґрунту, визначають вимоги до стабілізації та оцінюють наявність місцевих будівельних матеріалів[8].

Висновки, зроблені на основі цих досліджень, забезпечують критичні проектні параметри, такі як глибина фундаменту, допустима несуча здатність і загальна стабільність конструкції. Крім того, для забезпечення довгострокової надійності споруди необхідно враховувати фактори навколишнього середовища, такі як характер опадів і динаміка ґрунтових вод.

Геологічні дані, зібрані під час будівництва, будуть систематично порівнюватися з попередніми результатами цивільних геологічних досліджень. Якщо будуть виявлені розбіжності, можуть знадобитися подальші дослідження для перевірки точності проекту та визначення необхідності його коригування для приведення у відповідність до фактичних підземних умов.

На етапі експлуатації рекомендується проводити постійний моніторинг, щоб підтвердити довгострокову стабільність споруди. Це включає моніторинг осідання, рівня ґрунтових вод, регулювання поверхневих вод, берегової ерозії та стабільності схилів. Поточні оцінки мають важливе значення для виявлення структурних деформацій, що дозволяє вчасно втручатися у разі виникнення проблем.

Будівельні геологічні вишукування проводяться в три етапи: підготовчий, польовий і лабораторний (камерний). Підготовчий етап передбачає всебічний огляд архівних даних, геологічної документації та

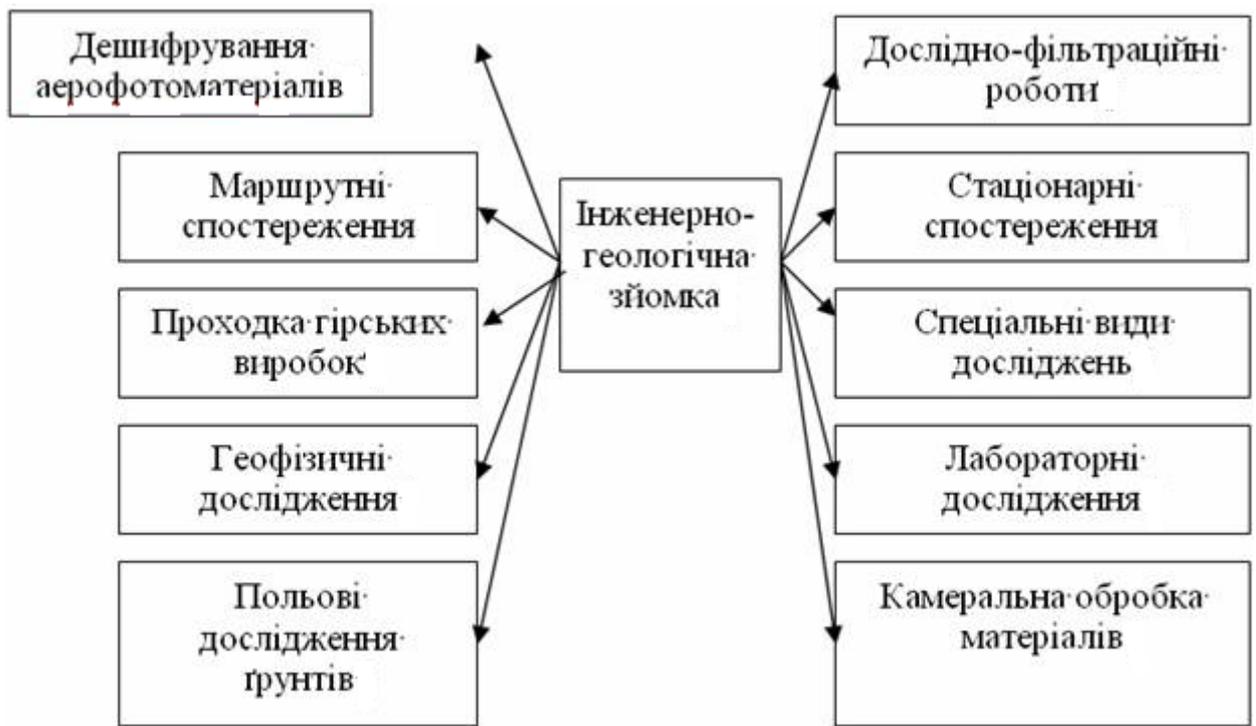
відповідної літератури, щоб отримати початкове уявлення про ділянку. Цей етап має вирішальне значення для виявлення прогалин у знаннях і визначення обсягу подальших польових досліджень.

Польовий етап включає в себе різні види діяльності на конкретній ділянці, такі як топографічна зйомка, пробне буріння, геофізичні дослідження, відбір зразків ґрунту та аналіз підземних вод. Ці заходи збирають емпіричні дані про умови підземних вод, що дозволяє провести ретельну оцінку геологічних і геотехнічних властивостей ділянки.

На лабораторному етапі польові дані обробляються та аналізуються в контрольованих умовах. Отримані геотехнічні звіти включають детальні карти, розрізи та інші графічні зображення. Ці звіти слугують ключовим документом, що узагальнює результати геотехнічних досліджень.

Закінчений геотехнічний звіт офіційно подається проектній групі і є основою для проектної документації, необхідної для будівництва. Він включає вступ, в якому описується місце проведення дослідження, терміни, підрядники та цілі. Звіт поділяється на загальний і спеціальний розділи, а висновки супроводжуються додатком. У загальному розділі розглядаються контекстуальні фактори, такі як топографія, клімат, населення, рослинність і геологічні характеристики, що доповнюються геологічними картами і розрізами[8].

Окремі розділи присвячені властивостям ґрунту і ґрунтових вод, в яких надається детальний аналіз ґрунтових умов для визначення проектних параметрів і оцінки придатності для будівництва. Крім того, оцінюються джерела підземних вод як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації. Для зменшення ризиків підтоплення та забезпечення довгострокової стабільності і довговічності споруди надаються рекомендації щодо ефективного управління дренажем.



**Рис. 2.2. Структура інженерно-геологічних досліджень**

Останній розділ містить детальну інженерно-геологічну оцінку придатності ділянки для будівництва. Ця оцінка визначає найбільш ефективну стратегію освоєння земельної ділянки з урахуванням екологічних проблем, пов'язаних із запланованою діяльністю. Додаток включає різні графічні матеріали, такі як топографічні карти, геологічні розрізи, каротаж свердловин і таблиці з детальним описом властивостей ґрунту. Крім того, надається каталог, який описує геологічні утворення, що лежать в основі ділянки, а також хімічний аналіз підземних вод.

У деяких випадках може використовуватися більш стислий інженерно-геологічний звіт. Ці звіти поділяються на три основні категорії: оцінка будівельного стану, аналіз структурних деформацій та експертна оцінка. Кожна категорія фокусується на конкретних аспектах, від визначення можливості будівництва до виявлення причин структурних дефектів і проведення експертних оцінок для масштабних проєктів[3].

Інженерно-геологічні вишукування передбачають комплексний аналіз природних та історичних умов будівельного майданчика, включаючи геологічні, гідрогеологічні та геоморфологічні фактори. Такий підхід

забезпечує необхідні дані для ефективного планування будівництва. Масштаби досліджень варіюються в залежності від необхідного рівня деталізації від 1:200000 до 1:15000, або навіть більше, в залежності від регіональних геологічних карт.

Геоморфологічні дослідження мають вирішальне значення для розуміння геологічної історії та характеристик регіону, таких як процеси утворення гірських порід. Геологічні дослідження оцінюють умови утворення порід, стратиграфічну товщину, геологічний вік, тектонічні особливості та процеси вивітрювання. Ці дослідження часто включають аналіз природних відслонень, таких як відкриті шари гірських порід у горах, долинах і на берегах річок. Кожен тип породи ретельно характеризується, включаючи колір, склад, мінеральні включення, видиму товщину та стратиграфічне положення.

Розташування цих відслонень ретельно фіксується на геологічних картах, а найважливіші особливості замальовуються та фотографуються для документації та подальшого використання. Такий детальний підхід забезпечує всебічне розуміння геологічних особливостей ділянки, формуючи основу для подальших проектних і будівельних рішень.

Ділянки з великою кількістю геологічних відслонень називаються відкритими, а ті, що не мають таких особливостей, - закритими. На закритих ділянках геологічні структури вивчаються переважно за допомогою буріння, прокладання траншей та інших методів дослідження. Ці роботи мають вирішальне значення для документування геологічних знахідок і збору зразків гірських порід для лабораторного аналізу.

Під час інженерно-геологічних вишукувань ретельно оцінюють гідрогеологічні умови. Це передбачає визначення вмісту води в породах, глибини залягання ґрунтових вод і хімічного складу води. Крім того, дослідження визначає геологічні явища, такі як зсуви і розвиток карсту, які можуть вплинути на стабільність і функціональність запланованих споруд. Дослідження також оцінює попередні будівельні проекти на цій території та

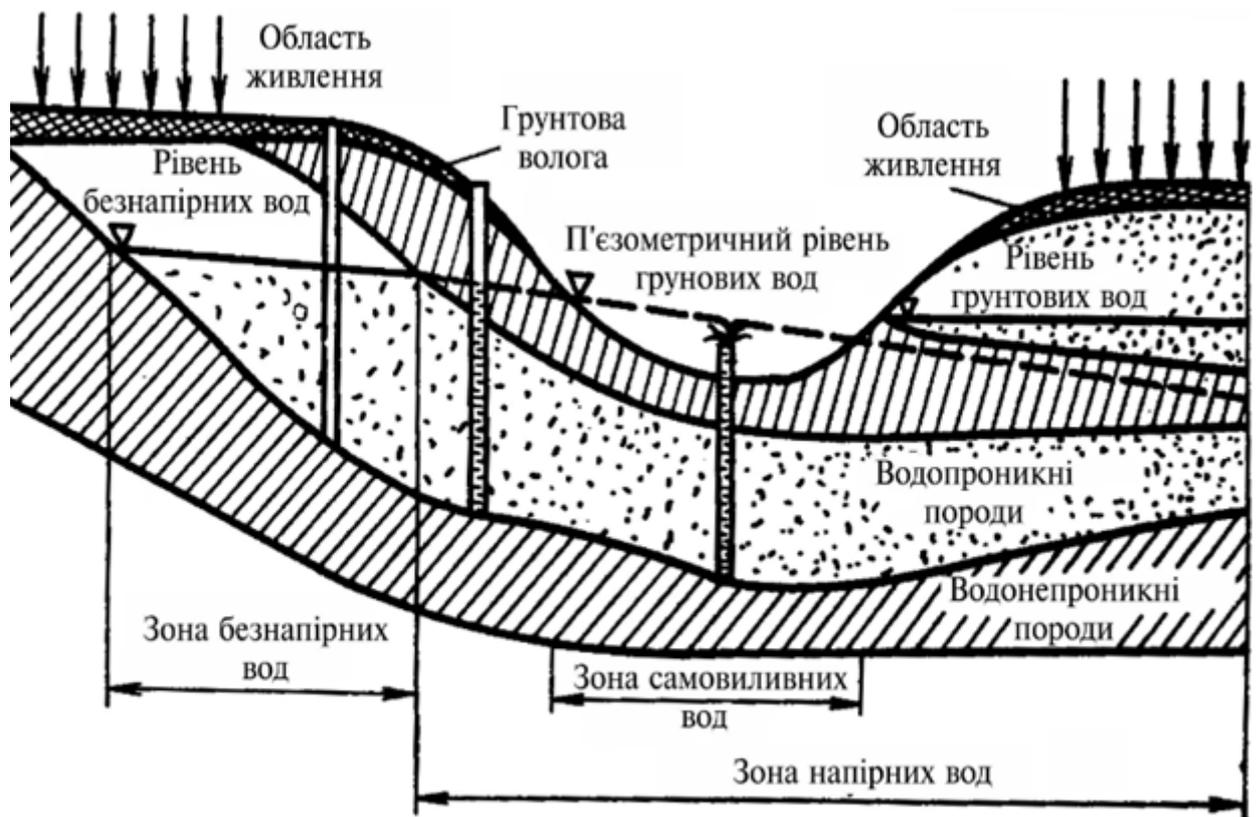
оцінює фізико-механічні властивості гірських порід, використовуючи як польові випробування, так і спеціалізовані лабораторні методи.

Також будуть проведені дослідження з метою виявлення природних покладів будівельних матеріалів, які є критично важливими для просування екологічно стійких методів будівництва. Дані, зібрані в результаті цих досліджень, сприятимуть розробці інженерно-геологічної карти будівельного майданчика. Такі карти необхідні для зонування території, допомагаючи визначити найбільш придатні ділянки для масштабних будівельних проєктів, у тому числі промислових об'єктів і житлових забудов.

Аерофотозйомка, в тому числі супутникова, все частіше використовується для підвищення ефективності та точності геологічних досліджень. Ця технологія особливо цінна в складних умовах, таких як водно-болотні угіддя та посушливі регіони, де традиційні наземні методи важко застосувати[8].

Інженерно-геологічні вишукування є життєво важливим етапом будь-якого будівельного проєкту, пристосованим до специфічних вимог різних типів споруд, включаючи індустріальні парки, житлові будинки та системи автомобільних доріг. Незважаючи на різні потреби кожної споруди, всі дослідження відповідають встановленим стандартам, які забезпечують вичерпну звітність для проєктних і будівельних команд.

Ці звіти охоплюють такі ключові аспекти, як оцінка придатності ділянки для будівництва, надання геологічних даних, необхідних для проєктування фундаменту, оцінка реакції ґрунту на динамічні навантаження, визначення геологічних процесів, які можуть вплинути на стабільність конструкції, характеристика стану ґрунтових вод, а також надання даних про ґрунт для вибору фундаменту і виїмки ґрунту. Крім того, звіти включають оцінку потенційного впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з будівельними роботами, що допомагає приймати обґрунтовані рішення протягом усього життєвого циклу проєкту.



**Рис. 2.3. Схема залягання підземних вод**

Процес проектування великих будівельних проектів проходить через ключові етапи, включаючи техніко-економічне обґрунтування, технічний проект і робочі креслення. Інженерно-геологічні дослідження є невід'ємною частиною цих етапів, особливо на етапі техніко-економічного обґрунтування. Важливо зазначити, що послідовність цих етапів може змінюватися залежно від конкретних вимог проекту. У міру розвитку проекту обсяг методів дослідження еволюціонує від початкових загальних оцінок до більш сфокусованих і точних досліджень.

Інженерно-геологічні вишукування на будівельних майданчиках проводяться систематично, починаючи зі збору даних. Це передбачає збір загальної інформації з літератури, архівних матеріалів та існуючих досліджень про такі фактори, як клімат, топографія, демографія та річкові системи в даній місцевості.

Після збору даних проводиться комплексне обстеження ділянки. Інженери-проектувальники співпрацюють з експертами-геологами для оцінки поточного стану ділянки. Цей візит включає оцінку існуючої

інфраструктури, наприклад, будівель і доріг, аналіз топографічних і рослинних особливостей, а також оцінку загальної придатності ділянки для забудови. Висновки допомагають визначити технічні умови для більш детальних досліджень.

Наступний етап включає проведення обстеження ділянки з поглибленими інженерно-геологічними дослідженнями. Ці дослідження зосереджені на вивченні геологічних формацій, гідрогеологічних умов та інших геологічних процесів, які можуть вплинути на ділянку. Випробування ґрунту та відбір проб ґрунтових вод проводяться з метою отримання даних для лабораторного аналізу.

Після завершення польових і лабораторних робіт на камеральному етапі зібрані дані об'єднуються в комплексний інженерно-геологічний звіт. Цей звіт ретельно вивчається проектною групою і служить ключовим ресурсом на етапі проектування, надаючи важливу геологічну та гідрогеологічну інформацію, яка забезпечує прийняття обґрунтованих рішень щодо проектування фундаменту та загальної доцільності проекту.

Для будівництва промислових об'єктів інженерно-геологічні вишукування проводяться у два етапи. На першому етапі розробляється технічне завдання на проектування, яке закладає основу для детального інженерного проектування та креслень. Якщо промисловий проект є складним, можуть знадобитися додаткові дослідження для уточнення попередніх висновків. Для простіших проектів верифікація часто проводиться одночасно з розробкою технічних специфікацій та детальних креслень.

Кожному етапу процесу проектування передують відповідні інженерно-геологічні дослідження. Попередні дослідження формують специфікацію проекту, а детальні дослідження допомагають створити остаточні креслення. Через складність промислових об'єктів дослідження поширюються на елементи інфраструктури, такі як лінії зв'язку, енергетичні системи, трубопроводи, автомобільні та залізничні дороги, а також мережі

водопостачання та водовідведення. Попередні дослідження, які мають вирішальне значення для вибору майданчика, включають поєднання польових експериментів, розкопок траншей, геологічних досліджень і лабораторних аналізів. Кінцевим результатом цих зусиль є детальний інженерно-геологічний звіт, який містить висновки та рекомендації.

Спеціалізовані дослідження необхідні для ділянок зі складними геологічними умовами, такими як сейсмічна активність, водно-болотні угіддя, карстові ландшафти, зсувонебезпечні ділянки, тверді гірські породи, леси та алювіальні відкладення. Ці цілеспрямовані дослідження мають вирішальне значення для вирішення унікальних проблем, пов'язаних з цими умовами, гарантуючи, що інженерно-геологічна оцінка є ретельною та надійною.

Результати цих досліджень ретельно збираються в інженерно-геологічний звіт, який часто супроводжується допоміжними матеріалами, включаючи карти досліджень, геологічні розрізи, журнали розвідки, таблиці даних, карти спостережень і фотографії. Разом ці елементи забезпечують всебічну і детальну оцінку ділянки, що слугує основою для подальшого аналізу і проектних робіт[3].

Детальні дослідження проводяться під час технічного проектування та підготовки робочих креслень. Їх основна мета - розширити і уточнити початкові геологічні дані, пропонуючи точну інформацію, необхідну для проектування конкретних споруд. Для міських і сільських проектів розвитку ці дослідження часто проводяться на етапах планування, проектування та будівництва, забезпечуючи ретельне опрацювання кожного аспекту розвитку.

Інженерно-геологічні вишукування проводяться систематично, з урахуванням специфічних вимог кожного проекту. У містобудуванні комплексні дослідження оцінюють різні можливості будівництва. Ці дослідження поєднують геологічний аналіз з економічною доцільністю, кліматичними міркуваннями, гідрогеологічною динамікою та впливом на навколишнє середовище, щоб забезпечити цілісне розуміння екологічного

контексту проекту. Дослідження розглядає ключові геологічні фактори, включаючи геоморфологію, гідрологічні системи, кліматичні умови, властивості ґрунту, рослинність, геологічну структуру, гідрогеологічні умови, зсуви, карстові явища та сейсмічні ризики.

Для детальних містобудівних ініціатив існуюча структура міського розвитку окреслює технічне та архітектурне планування будівель, ландшафтів та інфраструктури. Інформація, отримана під час планування, спрямовує подальші геологічні дослідження, дозволяючи ретельно вивчити геологічні умови та властивості ґрунту на ділянці. Це часто вимагає додаткового буріння свердловин і відбору зразків ґрунту, особливо на ділянках, позначених для нових доріг або забудови.

У сформованому міському середовищі будівельні проекти стосуються будівельних конструкцій, доріг, районів і громадських просторів. На етапі проектування проводяться комплексні інженерно-геологічні дослідження для оцінки геологічних і гідрогеологічних умов ділянки. Ці дослідження надають важливі вихідні дані про властивості ґрунту, які є основою для розробки ефективних стратегій планування та будівництва.

Ділянки з пересіченим рельєфом, тріщинуватими гірськими породами, високим рівнем ґрунтових вод і товстими шарами ґрунту представляють більш складні умови, які вимагають глибоких досліджень і індивідуальних інженерних рішень. Такі масштабні геологічні дослідження надають важливі дані, необхідні для забезпечення структурної цілісності та доцільності забудови, гарантуючи довгостроковий успіх міських проектів.

Багатоповерхові будівлі вимагають ретельних випробувань ґрунту, включаючи застосування експериментальних навантажень, щоб правильно оцінити інженерно-геологічні умови майданчика. Результати цих випробувань ретельно узагальнюються у комплексному звіті, який описує геологічні характеристики ділянки, спираючись на попередній досвід будівництва в подібних геологічних умовах. Ці дослідження є важливою частиною етапу проектування, оскільки вони надають важливі геологічні

дані, на основі яких приймаються обґрунтовані рішення щодо будівельних проектів.

Грубозернисті гірські породи піддаються природним процесам, таким як вивітрювання, розтріскування та розриви. З часом уламки, утворені в результаті цих процесів, переносяться і перевідкладаються, в результаті чого утворюються матеріали з різними розмірами, формами і цементуючими властивостями. Грубозернисті породи можна класифікувати за формою уламків - обкатані породи, які є гладкими та округлими внаслідок інтенсивного транспортування, та кутасті породи, які зазнали незначного транспортування і зберегли гострі краї.

До незцементованих грубозернистих порід відносяться такі матеріали, як галька і гравій. Галька в основному зустрічається в алювіальних відкладах у гірських і горбистих регіонах, часто в піщаній або піщано-глинистій матриці. У низинних річкових регіонах галька присутня в сучасних алювіальних відкладах, часто у вигляді лінзоподібних пластів, змішаних з піском. Долини, що зазнали льодовикового впливу, також містять значні відклади льодовикової гальки і морен, часто вкриті наступними алювіальними шарами.

Пісок, ключовий компонент грубозернистих порід, в основному складається із зерен кварцу, які становлять приблизно 80-90% маси породи. Властивості піску значно різняться. Як сипучий матеріал, він не має міцних структурних зв'язків, особливо коли містить дрібнозернисту глину. Міцність піску в основному зумовлена силами тертя між частинками та його щільністю, і лише мінімальний вплив має вміст води. Водопроникність піску значно вища, ніж у глини, через що він швидше твердне під впливом води[3].

На поведінку піску впливає кілька факторів. Під впливом вібрації пісок ущільнюється і осідає, тоді як насичений водою пісок може розріджуватися внаслідок фільтрації. Деякі типи піску мають плавучість, особливо під впливом тиску рідини під час виїмки ґрунту.

Суха глина, навпаки, може мати різну текстуру - від землястої, пухкої та розсипчастої до щільної та глянцевої. У вологому стані глина стає липкою і пластичною, розширюється при розтягуванні і твердне при стисканні. Суглинки, суміш піску і глинистих частинок, менш пластичні, ніж чиста глина, і у вологому стані мають тенденцію до утворення тріщинуватої скоринки. Суглинний пісок легко кришиться при висиханні і не має необхідної пластичності для формування ниток.

Фізичні та геологічні процеси мають значний вплив на стійкість і конструкцію будівель і споруд, особливо в річкових долинах. Ерозія берегів і поглиблення русла можуть призвести до значних ризиків, таких як обвал берегів і зсуви. Для пом'якшення бічної ерозії часто застосовуються такі заходи, як укріплення дамб і регулювання річкового потоку.

**Таблиця 2.3. Класифікація ґрунтів**

Коротка назва за механічним складом	Склад фізичної глини, %			Склад фізичного піску, %		
	ґрунти					
	підзолистого типу ґрунтоутворення	степного типу ґрунтоутворення, жовтоземи і червоноземи	солонці і сильносолонцюваті	підзолистого типу ґрунтоутворення	степного типу ґрунтоутворення, а також жовтоземи і червоноземи	солонці і сильносолонцюваті
Піщаний: рихло-піщаний зв'язно-піщаний	0-5	0-5	0-5	100-95	100-95	100-95
	5-10	5-10	5-10	95-90	95-90	95-90
Супіщаний	10-20	10-20	10-15	90-80	90-80	90-85
Суглинний: легкосуглинний	20-30	20-30	15-20	80-70	80-70	85-80
	30-40	30-45	20-30	70-60	70-55	80-70
	40-50	45-60	30-40	60-50	55-40	70-60
важкосуглинний						
Глинистий: Легкоглинистий	50-65	60-75	40-50	50-35	40-25	60-50
	65-80	75-85	50-65	35-20	25-15	50-35
	>80	>85	>65	<20	<15	<35
Середньоглинистий						
важкоглинистий						

Для покращення як затоплених, так і нових прибережних територій було розроблено різноманітні стратегії, кожна з яких пристосована до унікальних геологічних і гідродинамічних умов ділянки. Підводні ділянки, особливо з низьким рівнем ґрунтових вод, укріплюють кам'яними поверхнями і протиерозійними матрацами, призначеними для пом'якшення

наслідків перенесення наносів і ерозії. На противагу цьому, надводні ділянки укріплюються за допомогою таких методів, як бетонні плити, підпірні стіни або цегляні конструкції, вкриті геотекстильною сіткою для підвищення стабільності. Коли ерозія становить значний ризик для критично важливої інфраструктури, може виникнути необхідність перемістити споруди вглиб суші, щоб забезпечити як стабільність, так і захист від потенційної дії рідини.

Ерозія навколо основи споруд, особливо пірсів, вимагає ретельного планування глибини і конструкції насипів, щоб ефективно протидіяти ерозійним силам води, що тече. Паводки можуть посилювати ерозію, тому захисні заходи, такі як будівництво штучних насипів і дамб, мають вирішальне значення для зменшення ерозії, спричиненої повеннями. Річкові долини часто обирають для будівництва через їхню відносну стабільність, оскільки ризики, пов'язані з ерозією та нестабільністю, є нижчими на цих територіях[3].

Склад алювіальних відкладів у річкових долинах слугує історичним записом змін у річковому потоці, що призводить до різноманітності розмірів і властивостей відкладів у межах однієї долини. Ці відклади складаються зі складної суміші матеріалів, включаючи гравій, пісок, суглинки, глини, мул та органічні речовини. Гірські річки несуть грубі уламкові відклади, тоді як рівнинні річки відкладають більш дрібні матеріали, такі як пісок. Річкові відклади поділяються на дельтові, річкові, заплавні та давні алювіальні, залежно від характеру опадів та умов відкладення.

Через свою центральну роль у людській діяльності річкові долини часто стають об'єктом будівельних проєктів, які можуть суттєво вплинути на стабільність і властивості алювіальних відкладів. Ретельна оцінка цих відкладів має важливе значення для надійного проєктування фундаменту. Споруди, що зазнають високих навантажень, можуть потребувати спорудження штучних терас або використання ущільненого давнього алювію. Коли сучасні алювіальні відкладення залягають на старіших

матеріалах, використовують пальові фундаменти, щоб забезпечити належний розподіл навантаження і стабільність конструкції.

Особлива обережність потрібна при роботі з сучасними алювіальними відкладеннями, які характеризуються високим вмістом води і низькою несучою здатністю. Серед алювіальних матеріалів особливо нестабільними є давні мулисті відклади, які потребують спеціальних методів будівництва для забезпечення стабільного контакту фундаменту з підстиляючим мулистим шаром. Такі методи, як влаштування піщаних подушок або використання пальових фундаментів, можуть допомогти вирішити ці проблеми.

Наявність декількох шарів алювіальних відкладень з різним рівнем ущільнення ускладнює розрахунок потенційного осідання. Ця складність зростає, коли фундаменти розташовані на основах з нерівномірними характеристиками ущільнення. Крім того, алювіальні відклади часто пов'язані з такими геологічними явищами, як дрейф піску і розширення глини, що підкреслює критичну важливість комплексної оцінки ділянки і ретельного планування для забезпечення структурної цілісності і довгострокової стабільності будівельних проектів.

### РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПРОГРАМ

Статичний аналіз фундаментної конструкції проводився за допомогою програмного забезпечення StructureCAD, відомого своїми розширеними обчислювальними можливостями, призначеними для точної структурної оцінки. Вирішальний параметр цього аналізу, коефіцієнт шару, був отриманий на основі детального аналізу розрахунків. Для цього була застосована спеціальна формула для розрахунку модуля шару, який був визначений на рівні 11.6 кН/м<sup>3</sup>.

Цей параметр відіграє життєво важливу роль в оцінці розподілу навантаження і загальної стійкості фундаментної конструкції. Він гарантує, що конструкція відповідає необхідним стандартам безпеки і зберігає ефективність конструкції в умовах статичного навантаження.

Кількість шарів:		3					
Номер шаруючи шару	Питомий вага (кН/м <sup>3</sup> )	Модуль деформації (МПа)	Потужність шаруючи (м)	Питомий вага часток (кН/м <sup>3</sup> )	Коеф-нт пористості	Тип	
1	16.0	16.000	5.65	27.0	1.440	Глина	
2	17.2	18.000	3.20	27.0	1.260	Глина	
3	16.9	26.000	9.00	27.0	1.200	Глина	

Кількість фундаментів:		1					
Номер фундаменту, що розраховує:		1					
Нагрузка на фундамент 1:		Nii+Gф = 221678.000 (кН)					
Номер Орієнтація фонд-та	Коорд-та X (м)	Коорд-та Y (м)	Порівн. тиск під подошвою (кПа)	Глибина закладення (м)	Довжина фонд-та (м)	Ширина фонд-та (м)	
1	0.000	0.000	222.197	0.000	42.060	23.720	

уздовж осі X

Результати розрахунку:

E	№ кратки без обліку	z з обліком	Глибина шаруючи з обліком	Тиск	Коеф-нт від грунту	Тиск Альфа	q	Тиск від фунд-та	Осаду (кПа)	Осаду з обліком впливу (кПа)
	0	0.00	0.00	0.00	1.000	222.20	0.00	222.20		
0.00		0.00	0.000							
	1	4.74	4.74	75.90	0.975	216.60	0.00	216.60		
52.04		52.04	16.000							
	2	9.49	9.49	156.22	0.865	192.22	0.00	192.22		
40.33		40.33	19.236							
	3	14.23	14.23	236.40	0.716	159.03	0.00	159.03		
33.33		33.33	20.000							
	4	18.98	18.98	316.57	0.576	127.92	0.00	127.92		
27.23		27.23	20.000							
	5	23.72	23.72	396.74	0.461	102.37	0.00	102.37		
21.85		21.85	20.000							
	6	28.46	28.46	476.92	0.371	82.40	0.00	82.40		
17.53		17.53	20.000							

Загальна осадка без обліку впливу:  $S = 192.305$  (мм)

Загальна осадка с обліком впливу:  $S_{nf} = 192.305$  (мм)

Стислива товща ґрунту:  $H_c = 28.464$  (м)

### Рис. 3.1. Розрахунок осадки методом пошарового сумування

Розрахунок вертикальних навантажень, що діють на фундаментну конструкцію, виконується відповідно до встановлених критеріїв проектування. Цей процес передбачає кількісну оцінку загального навантаження, що діє на конструкцію, включаючи постійні навантаження, тимчасові навантаження і додаткові навантаження, що виникають під впливом факторів навколишнього середовища, таких як вітер і сейсмічна активність[3].

Власне навантаження - це вага будівельних матеріалів і постійних конструкцій, тоді як діюче навантаження враховує тимчасові сили, включаючи мешканців, меблі та рухоме обладнання. Правильна комбінація навантажень визначається на основі чинних будівельних норм і стандартів, забезпечуючи ретельну оцінку вертикальних навантажень на фундамент. Цей аналіз має важливе значення для розуміння характеристик при очікуваних умовах навантаження і підтвердження того, що вимоги безпеки і стабільності задовольняються.

$$\sum R_z = 6641.2 + 5158.62 + 6459.79 + 7233.40 = 25493.01 \text{ м}$$

Загальне нормативне навантаження, що діє на фундамент, визначається шляхом комплексного аналізу всіх факторів, що впливають на навантаження. Ця оцінка включає як постійні, так і непостійні навантаження, які є важливими для розуміння загального розподілу навантаження.

Власні навантаження, що представляють собою постійну вагу конструкції та її нерухомих компонентів, включають масу будівельних матеріалів, таких як бетон, сталь, цегляна кладка і кріпильні елементи. Ці навантаження розраховуються на основі щільності матеріалу і розмірів елементів конструкції.

Непостійні навантаження враховують змінні в часі сили, такі як вага людей, меблів і рухомого обладнання. Оцінка експлуатаційних навантажень здійснюється відповідно до встановлених правил і будівельних норм, які визначають мінімальні навантаження на одиницю площі залежно від цільового призначення будівлі.

Навантаження від навколишнього середовища, включаючи вітрове, сейсмічне та снігове навантаження, також враховуються при розрахунку загального навантаження. Застосовуючи відповідні комбінації навантажень, як зазначено у відповідних стандартах і нормах, точно визначають загальне стандартне навантаження на фундамент. Це гарантує, що конструкція спроектована таким чином, щоб витримувати очікувані навантаження протягом усього терміну експлуатації.

$$N_{II} = \frac{\sum R_z}{\gamma_{fm}} = \frac{25493.01}{1.15} = 22167.8 \text{ м}$$

Розрахунок конструкцій підлог виконується з використанням методів, які визначають необхідний коефіцієнт осідання для оцінки взаємодії між елементами конструкції і несучим ґрунтом. Цей підхід передбачає аналіз механізмів передачі навантаження та розподілу ефективних напружень у ґрунті під конструкцією.

Коефіцієнт несучої здатності є ключовим параметром в інженерії фундаментів, що представляє жорсткість і стисливість ґрунту у відповідь на прикладені навантаження. Він враховує такі фактори, як тип ґрунту, вологість, щільність і глибина залягання. Цей коефіцієнт виводиться на основі емпіричних кореляцій і лабораторних випробувань зразків ґрунту. Він відіграє вирішальну роль в оцінці того, як фундамент буде осідати під статичними і динамічними навантаженнями.

На практиці процес розрахунку починається з визначення очікуваних навантажень на конструкцію перекриття, включаючи мертві навантаження, живі навантаження та додаткові сили, такі як сейсмічні та вітрові навантаження. Потім визначається коефіцієнт шару за допомогою відповідного методу дослідження ґрунту, такого як стандартний тест на проникнення, тест на проникнення конуса або лабораторний аналіз зразків ґрунту[8].

Після того, як коефіцієнти визначені, вони поєднуються з розрахунками навантажень, щоб оцінити характеристики підлоги. Це передбачає оцінку прогинів, розподілу напружень і потенційного осідання, щоб переконатися, що конструкція може витримати очікувані умови, зберігаючи безпеку і стабільність. Результати цього аналізу є основою для прийняття ключових проектних рішень, таких як вибір матеріалів, розмірів і стратегій армування підлоги.

$$C_1 = \frac{P}{S_q} = \frac{222,197}{0,192305} = 1155,44 \text{ кН/м}^3$$

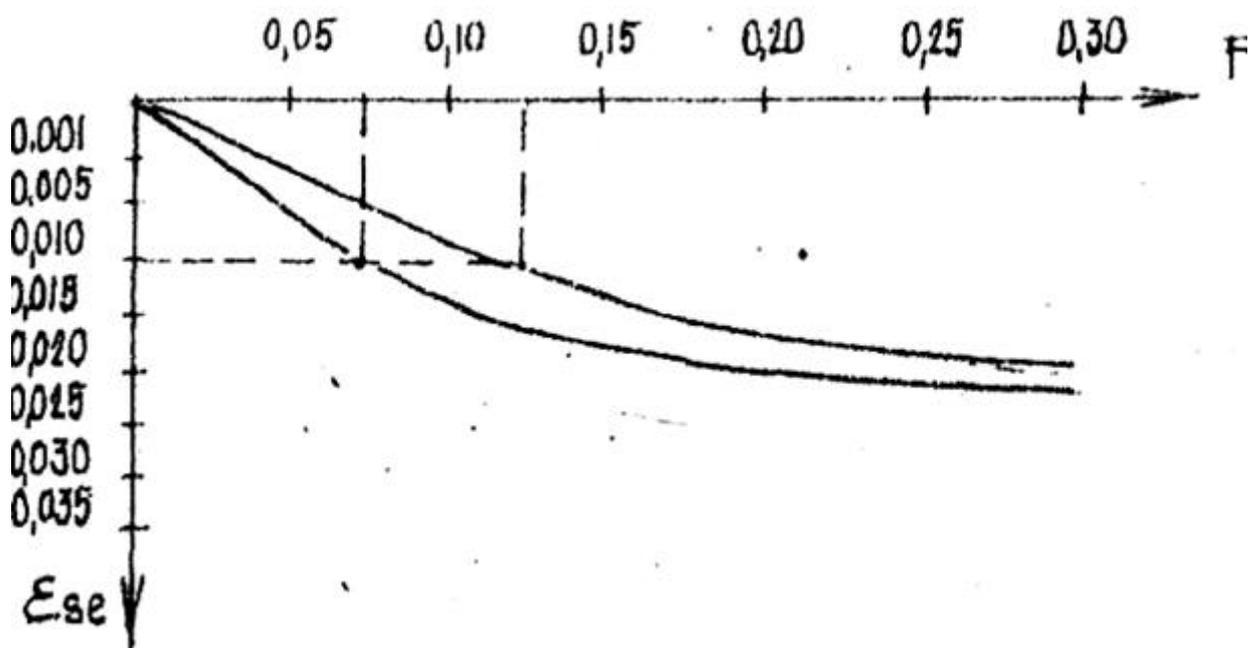
Осадка була розрахована за допомогою методу додавання шару основи, надійного методу оцінки вертикальної деформації ґрунту під дією прикладених навантажень. У цьому аналізі було визначено, що товщина ущільненого земляного полотна становить 28,44 метра.

Цей метод розділяє ґрунтовий профіль на окремі шари, що дозволяє провести індивідуальний аналіз механічних властивостей кожного шару та його реакції на вертикальні навантаження. Властивості, що оцінюються для

кожного шару, включають стисливість, щільність, зв'язність, кут тертя і вологість, оскільки ці фактори мають значний вплив на поведінку осідання.

Процес додавання шарів розраховує загальне вертикальне осідання шляхом підсумовування індивідуальних внесків кожного шару. Ці внески визначаються прикладеним навантаженням і ефективним розподілом напружень по всьому ґрунту. Цей підхід забезпечує більш точну оцінку загального осідання, оскільки він враховує вплив навантаження на кожен шар ущільненого земляного полотна.

Для цього конкретного випадку розрахункова товщина ущільненого шару ґрунту склала 28,42 метра, що відповідає глибині, необхідній для забезпечення необхідної несучої здатності при мінімізації ризику надмірного осідання при очікуваних умовах навантаження. Ці дані мають вирішальне значення для проектування і будівництва фундаменту, оскільки вони безпосередньо впливають на стабільність і довговічність конструкцій, що спираються на шар ґрунту або побудовані в ньому.



**Рис. 3.2. Графік просідання ґрунту**

Використовуючи ці дані, а також встановлене значення  $N$  і співвідношення сторін фундаменту 45:25, було визначено, що товщина ущільненого шару становить 24 метри. Це значення має вирішальне значення

для точної оцінки структурної поведінки і розподілу навантажень по фундаменту.

Поправочний коефіцієнт, позначений як  $m$ , розраховується за формулою  $m = 1,24 / 0,68$ , що дає значення приблизно 1,87. Цей коефіцієнт включає необхідні поправки, засновані на специфічних характеристиках ущільненого шару і його взаємодії з основною системою основи.

Коефіцієнт деформації,  $E$ , ґрунту основи під впливом ущільненого шару  $N$  визначається за відповідною формулою. Цей коефіцієнт має вирішальне значення для розуміння жорсткості ґрунтового шару і відіграє безпосередню роль у несучій здатності та загальній стійкості фундаменту. Модуль деформації визначається на основі експериментальних залежностей або даних лабораторних випробувань і відображає реакцію ґрунту на прикладене навантаження.

Аналіз товщини ущільненого шару, розрахунок поправочних коефіцієнтів і визначення модуля пружності ґрунту є важливими компонентами геотехнічної оцінки. Ці процеси гарантують, що конструкція фундаменту зможе безпечно та ефективно витримувати очікувані навантаження.

$$E_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - k_{i-1})}{\sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i}}$$

де  $k_i$  – коефіцієнт, обумовлений по табл. 4, додатка 2.

Використовуючи вираження знаходимо  $E_{np} = 22,0$  МПа.

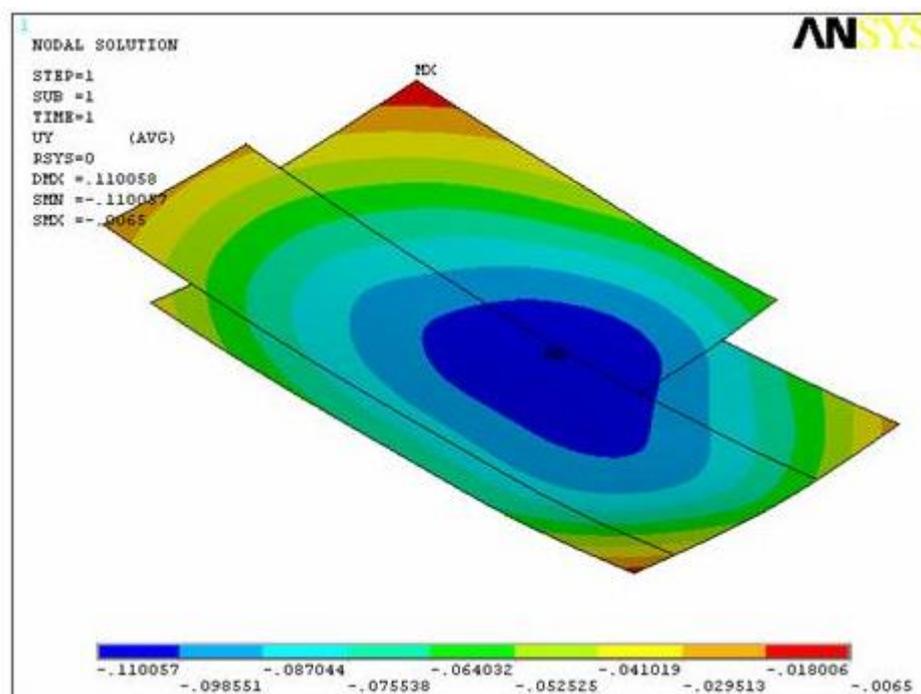
Розрахункове значення модуля деформації  $E = E_{np} m_E = 41,14$  МПа.

Скінченно-елементний аналіз фундаментної конструкції проводився за допомогою програмного забезпечення ANSYS, з акцентом на фундамент. Ґрунт основи був представлений скінченними елементами SOLID 42, придатними для моделювання тривимірних задач механіки твердого тіла, що дозволяє точно моделювати реакцію ґрунту на прикладені навантаження.

Сама фундаментна конструкція була змодельована за допомогою скінченних елементів SHELL 44, призначених для представлення двовимірних структурних компонентів і врахування деформацій згину і зсуву.

Елементи були обрані для моделювання пружної і пружно-пластичної поведінки як ґрунту земляного полотна, так і бетонної основи, що дозволяє комплексно оцінити реакцію матеріалу при різних умовах навантаження. Для цього конкретного аналізу була використана пружна модель матеріалу, яка передбачає лінійну пружність матеріалів. Це припущення справедливе для початкових умов навантаження, коли матеріал залишається в межах свого діапазону пружності і не зазнає постійних деформацій.

Результати скінченно-елементного аналізу представлені на супровідних рисунках, які ілюструють розподіл напружень, картини деформацій та інші критичні параметри, пов'язані зі структурними характеристиками фундаменту. Ці результати є важливими для оцінки здатності фундаменту підтримувати надбудову та забезпечення його довготривалої стабільності під час експлуатаційних навантажень.



**Рис. 3.3. Прогин/осадка фундаментної конструкції**

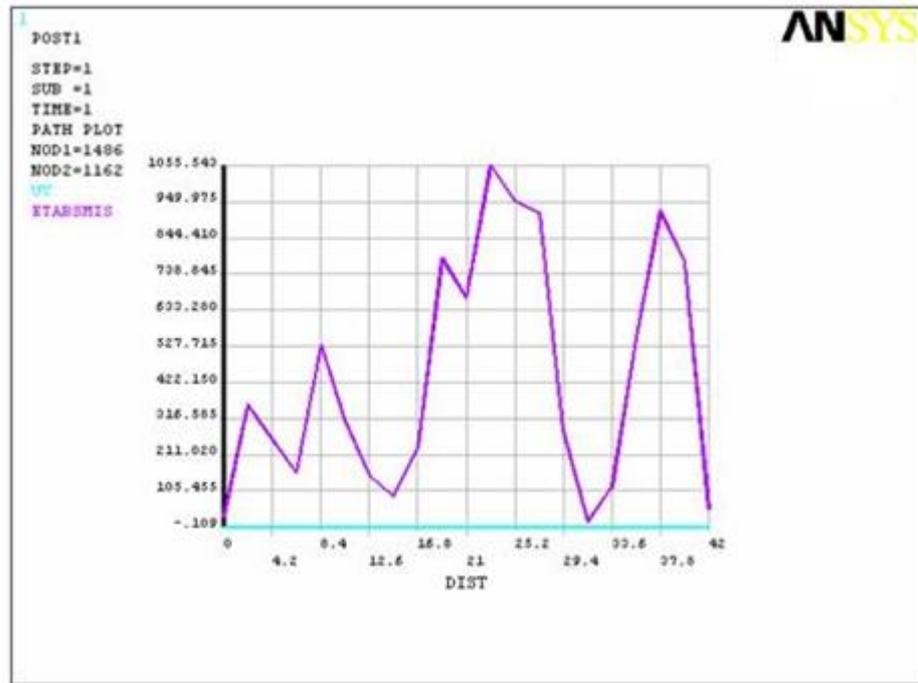


Рис. 3.4. Епюра згинального моменту

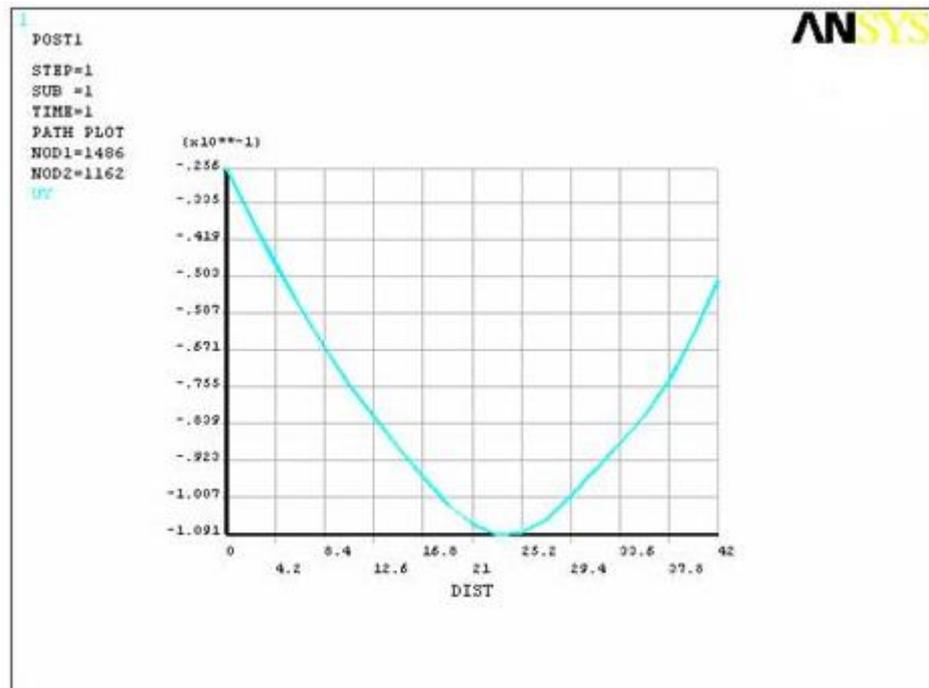
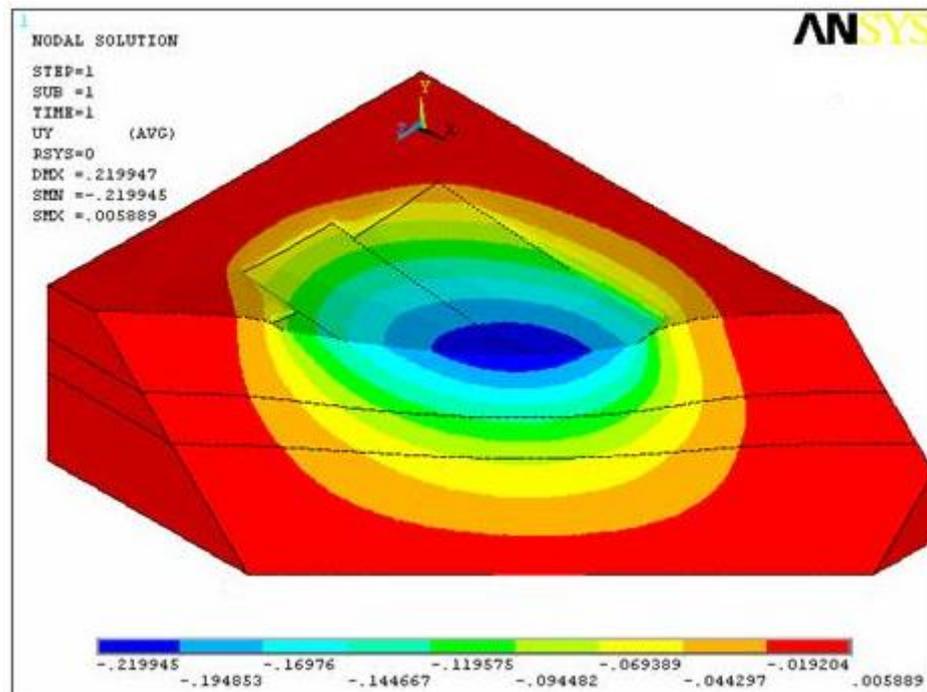


Рис. 3.5. Прогин вздовж повздовжньої осі



**Рис. 3.6. Загальна деформація основи**

Аналіз показує, що фундаментна конструкція необхідна для підтримки структурної цілості будівлі. Однак це рішення пов'язане зі значними витратами та тривалими термінами будівництва. З огляду на ці проблеми, були розглянуті альтернативні підходи, спрямовані на підвищення несучої здатності ґрунтів земляного полотна, з особливою увагою до методів стабілізації ґрунту, таких як ін'єкція ґрунту[3].

Ґрунти земляного полотна, особливо схильні до просідання, демонструють високу несучу здатність у сухих умовах. Однак їхні структурні властивості можуть значно погіршуватися під впливом інфільтрації води, що призводить до значного зниження міцності, особливо в зонах високого водонасичення. Ця вразливість вимагає постійних заходів для зменшення інфільтрації вологи під фундамент. Ключові стратегії для вирішення цієї проблеми включають забезпечення стабільності навколишніх схилів і підтримання належного функціонування дренажних систем, що є критично важливими для ефективного управління водними ресурсами.

З віком будівель підтримувати оптимальний рівень вологості навколо фундаменту стає дедалі складніше. Вода інфільтрується під фундамент,

слідуючи за віссю конструкції і використовуючи порожнечі, що утворилися в процесі ін'єкції фундаменту. Спираючись на досвід зміцнення фундаментів у Київській області, ін'єкція цементу під високим тиском зарекомендувала себе як надійний метод підвищення стабільності ґрунтів земляного полотна.

Ця технологія передбачає ін'єкцію цементного розчину через заздалегідь визначені інтервали ( через кожен метр) на глибину до 7,25 метрів, що ґрунтується на ретельній геологічній оцінці. Процес ін'єкції значно знижує ризик осідання і підвищує стійкість фундаменту навіть в умовах високого водонасичення. Крім того, він забезпечує необхідну стійкість до надзвичайних ситуацій, що виникають під час ремонту водопроводу або надмірного проникнення вологи.

Цементування ґрунтів - це метод, який використовує місцеві матеріали та обладнання, забезпечуючи мінімальний вплив на навколишнє середовище та мешканців. Це робить цементування ґрунту практичним і стійким рішенням для підвищення надійності та довговічності фундаментних систем, особливо в регіонах, що стикаються з різними екологічними проблемами.

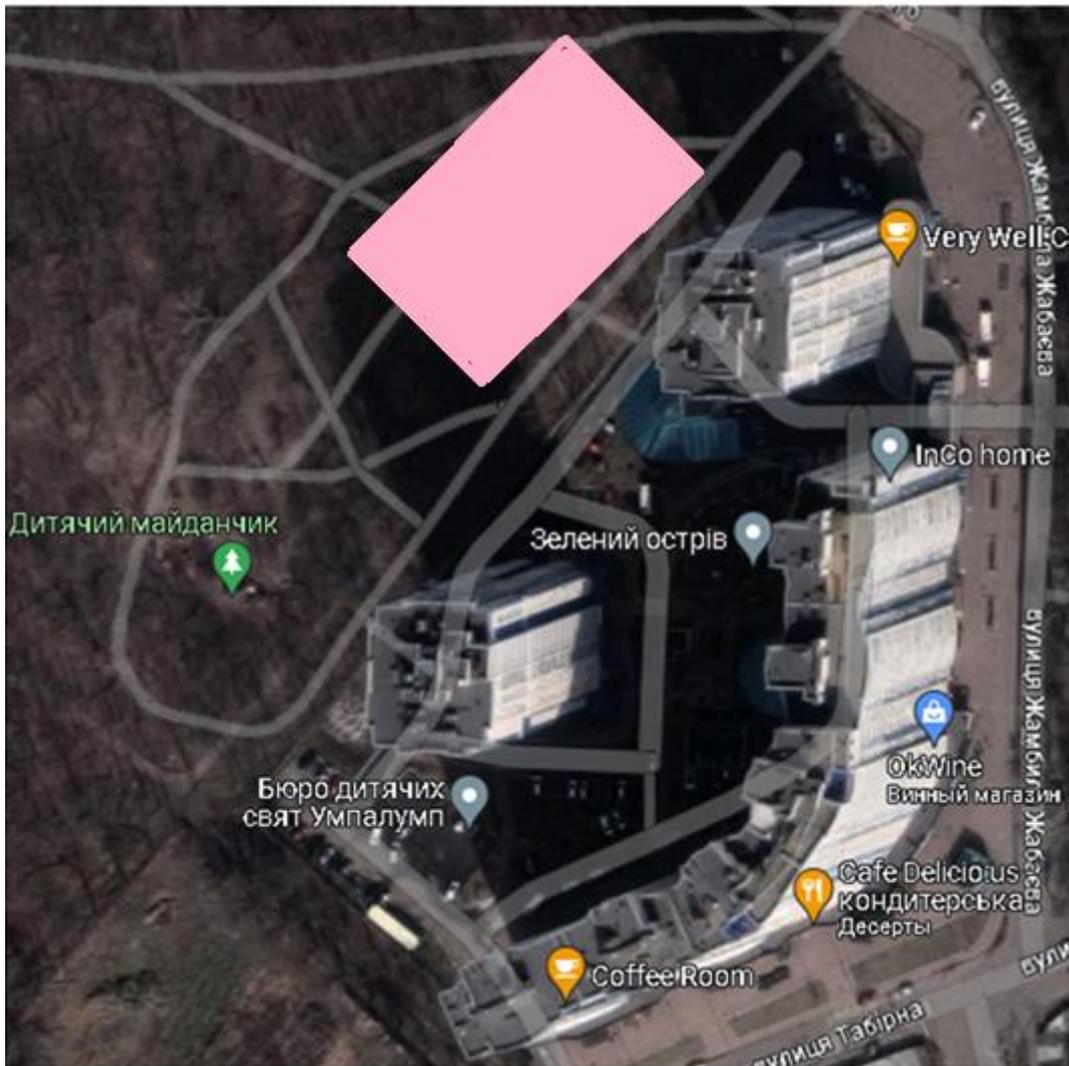
### **Висновок**

Аналіз та оцінка фундаментних систем показали, що хоча фундамент має вирішальне значення для підтримки структурної цілісності будівлі, альтернативні методи, такі як стабілізація ґрунту за допомогою ін'єкції цементу під високим тиском, пропонують життєздатне рішення для підвищення несучої здатності ґрунтів земляного полотна.

Враховуючи проблеми, пов'язані з інфільтрацією вологи та вразливістю просідаючих ґрунтів, застосування ефективних методів, таких як ін'єкція цементу, може зменшити ризики, пов'язані з осіданням, та підвищити загальну стійкість фундаменту, особливо на ділянках з високим рівнем водонасичення. Такий підхід не тільки забезпечує довговічність і безпеку споруди, але й надає стійку, економічно ефективну альтернативу, яка мінімізує шкоду навколишньому середовищу і підвищує довгострокові експлуатаційні характеристики фундаменту.

## РОЗДІЛ 4. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

### 4.1. Ситуаційний план



**Рис. 4.1. Ситуаційний план**

При будівництві 9-ти поверхового житлового будинку ділянку на вулиці Жамбила Жабаєва була огорожена. Зону проведення будівництва позначено на карті[2].

### 4.2. Об'ємно-планувальне рішення

9-поверховий житловий будинок має несучу конструктивну систему на основі стін з повнотілої керамічної цегли щільністю  $1800 \text{ кг/м}^3$  і класом міцності M150. Товщина стін становить 640 мм для зовнішніх стін і 380 мм для внутрішніх несучих перегородок. Горизонтальні несучі конструкції складаються зі збірних залізобетонних пустотних плит перекриття товщиною

220 мм, виготовлених з важкого бетону класу міцності С30/37. Плити армовані високоміцною сталеву арматурою класу А500С.

Загальна висота будівлі становить 28,20 метрів, що включає стандартну висоту поверху 2,55 метрів і висоту підвалу 2,00 метрів. Конструктивні розміри будівлі в осях 1-17 становлять 40 800 мм, а в осях А-Д - 12 600 мм.

Будівля розділена на дві незалежні вхідні секції, кожна з яких обладнана залізобетонною сходовою кліткою і ліфтовою шахтою. Сходові клітки виконані зі збірних залізобетонних маршів товщиною 160 мм, що спираються на несучі стіни. Сходові площадки мають товщину 180 мм і кріпляться до кладки за допомогою закладних сталевих елементів. Ліфтові шахти сформовані з використанням монолітних залізобетонних стін товщиною 200 мм, залитих з бетону класу С25/30, з армуванням класу А500С[14].

Функціональне зонування будинку передбачає 8 одно- та двокімнатних квартир на 1-4 поверхах, тоді як поверхи 5-9 запроектовані з 4 трикімнатними квартирами на рівні, кожна з яких обладнана додатковим санвузлом. Планування забезпечує оптимальне використання простору при збереженні структурної ефективності та відповідності сучасним житловим стандартам.

### **4.3. Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундаменти та основи**

Початковий етап включає комплексне геотехнічне дослідження з використанням сучасного програмного забезпечення, такого як ANSYS та Structure CAD, для аналізу несучої здатності ґрунту, модуля деформації та потенційного осідання. Ґрунт основи, що характеризується як майже однорідний, має модуль деформації 41,14 МПа, який був визначений за допомогою аналізу методом скінченних елементів. На основі цих досліджень, проект фундаменту включає систему глибоких паль для ефективного розподілу навантажень і запобігання надмірному осіданню[8].

Земляні роботи починаються з виймання ґрунту на глибину 2,2 метри для розміщення конструкції підвалу. Периметр котловану укріплюється тимчасовими утримуючими конструкціями для запобігання обвалу ґрунту. За наявності ґрунтових вод реалізується система осушення, що включає дренажні траншеї та системи свердловин, для підтримки сухості та стабільності території котловану.

Для підвищення стійкості ґрунту та забезпечення рівномірного розподілу навантаження на дно котловану укладається шар ущільненої піщано-гравійної подушки товщиною 500 мм. Ущільнення контролюється для досягнення щільності не менше 95% від стандартного значення. Дослідження показало, що для підсилення ґрунту необхідно виконати цементування ґрунту. Цементування ґрунту для посилення основи пального фундаменту — це процес введення цементного розчину в ґрунт для покращення його механічних властивостей. Це здійснюється за допомогою спеціальних бурових установок, які проколюють ґрунт на глибину, необхідну для стабільності фундаменту. Під час буріння в ґрунт подається цементний розчин, який заповнює пори та тріщини, зміцнюючи матеріал і підвищуючи його несучу здатність.

Система глибинного фундаменту складається із залізобетонних буронабивних паль діаметром 600 мм і проектною глибиною приблизно від 18 до 22 метрів, що забезпечує проникнення в несучі шари ґрунту. При встановленні паль дотримується суворий допуск по вертикалі  $\pm 1\%$  для збереження вирівнювання та структурної цілісності. Палі армуються високоміцними сталевими арматурними каркасами (клас B500B) і заповнюються бетоном марки C30/37 методом тремтіння для забезпечення повного заповнення без сегрегації.

Після встановлення паль споруджується залізобетонний оголовок палі, який об'єднує палі в єдину несучу систему. Оголовок палі має товщину 800 мм і армується двошаровою сталеву сіткою, що складається з арматури 16

мм на відстані 200 мм в обох напрямках. Арматура ретельно розміщена для ефективного сприйняття зсувних сил і згинальних моментів.

Для захисту фундаменту від проникнення вологи застосовується система гідроізоляції. Для створення захисного бар'єру використовується багатошарова мембранна гідроізоляція, що включає полімерно-бітумні листи та покриття з цементного розчину. Додатково по периметру фундаменту встановлюються дренажні труби з геотекстильним фільтруючим шаром для відведення надлишкової води від споруди.

Бетонування ростверку виконується поетапно, щоб контролювати теплоту гідратації та запобігти утворенню тріщин. Конструкція товщиною 500 мм виготовлена з бетону марки С30/37 і має деформаційні шви для контролю усадки. Після заливки бетон твердне за допомогою розпилення води та захисних покриттів протягом мінімум 14 днів, щоб забезпечити оптимальний розвиток міцності.

Протягом усього процесу встановлюються пристрої для моніторингу деформацій, такі як маркери осідання та інклінометри, щоб відстежувати рух фундаменту та перевіряти відповідність прогнозованим значенням осідання. Очікуване максимальне диференціальне осідання контролюється, щоб залишатися в межах 10 мм, забезпечуючи структурну цілісність будівлі над нею.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

9-поверховий житловий будинок має конструктивну систему, що базується на несучих цегляних стінах, які забезпечують основну опору для плит перекриття та інших конструктивних елементів. Зовнішні та внутрішні стіни побудовані з повнотілої керамічної цегли з класом міцності М150 та щільністю 1800 кг/м<sup>3</sup>. Товщина зовнішніх стін становить 640 мм. Внутрішні несучі стіни також мають товщину 640 мм, а не несучі перегородки виконані з керамічної цегли товщиною 120 мм з класом міцності М100.

Кладка виконується за багаторядною системою з горизонтальними швами, розташованими в шаховому порядку для підвищення стійкості. Для

скріплення цегли використовується цементно-піщаний розчин класу М100, що забезпечує високу міцність і адгезію. Вертикальні шви між цеглинами заповнюються для підвищення цілісності конструкції та стійкості до зсувних зусиль. Для підвищення міцності кладки кожен четвертий ряд цегли армується оцинкованою кладочною сіткою діаметром 4 мм, що закладається в шви розчину.

Несучі стіни надійно з'єднані з плитами перекриття за допомогою заставних сталевих анкерів діаметром 8 мм, встановлених з інтервалом 600 мм по довжині стін. Місця перетину цегляних стін армуються за допомогою зубчастого з'єднання, де ряди, що чергуються, замикаються, утворюючи монолітну конструкцію. У місцях з високими навантаженнями для запобігання деформації та розтріскування в цегляну кладку вмуровані вертикальні арматурні стержні діаметром 12 мм (клас А400), які закріплені анкерами у фундаменті[5].

Для забезпечення високої енергоефективності та відповідності стандартам теплових характеристик зовнішні стіни утеплені мінераловатними плитами. Ці плити мають щільність  $135 \text{ кг/м}^3$  і товщину 120 мм, що забезпечує теплопровідність  $\lambda = 0,035 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [18]. Ізоляція наноситься на зовнішню поверхню кладки за допомогою комбінації полімерцементного клею і механічних анкерів, з мінімум шістьма анкерами на квадратний метр для забезпечення стабільності[15].

Вітрозахисна мембрана встановлюється поверх мінераловатної ізоляції для мінімізації тепловтрат і захисту від проникнення вологи. Для підвищення довговічності та ефективності системи між утеплювачем і зовнішнім облицюванням фасаду зберігається вентиляований повітряний прошарок 40 мм.

Несучі стіни спроектовані таким чином, щоб витримувати вертикальні навантаження від плит перекриття і бічні сили, такі як вітрові навантаження, забезпечуючи структурну стійкість будівлі. Система теплоізоляції забезпечує термічний опір  $R = 3,43 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ , що відповідає класу енергоефективності В

згідно з ДБН В.2.6-31:2021. Межа вогнестійкості несучих стін становить REI 150, а не несучих перегородок - REI 90, що забезпечує відповідність нормам пожежної безпеки. Що стосується звукоізоляції, то зовнішні стіни забезпечують коефіцієнт звукоізоляції повітряного шуму  $R_w = 54$  дБ, а внутрішні перегородки -  $R_w = 50$  дБ, що значно зменшує передачу шуму між квартирами.

### **Перекриття**

У 9-поверховому житловому будинку в якості основних горизонтальних несучих елементів використовуються збірні залізобетонні пустотні плити перекриття товщиною 220 мм кожна. Ці плити обрані для сприйняття вертикальних навантажень від стін, перегородок та інших конструктивних елементів будівлі, а також для забезпечення тепло- та звукоізоляції між поверхами.

Плити перекриття доступні у варіантах довжини: 6,5 метрів і 5,0 метрів, шириною 1,2 метра і 1,5 метра. Бетон, з якого виготовлені плити, має клас міцності C30/37. Плити армовані попередньо напруженими сталевими нитками класу  $V_p1000$ , які значно підвищують їх міцність, зменшують вигин і обмежують прогин під навантаженням. Їх питома вага коливається від 250 до 320 кг на квадратний метр, залежно від конкретних розмірів[7].

Ці плити виготовляються методом екструзії, що забезпечує рівномірне ущільнення бетону і точне формування. Конструкція включає поздовжні порожнисті стрижні всередині плит, які зменшують їх загальну вагу при збереженні високої несучої здатності. Порожністі стержні також сприяють підвищенню звуко- і теплоізоляційних властивостей плит, покращуючи загальний комфорт в будівлі.

Плити розраховані на діюче навантаження  $4,0 \text{ кН/м}^2$ , що відповідає вимогам для житлових будинків. Під час монтажу плити спираються на несучі цегляні стіни вздовж своїх коротких країв з мінімальною глибиною занурення 120 мм. Для забезпечення рівномірного розподілу навантаження і

стійкості в точках опори наноситься шар цементно-піщаного розчину класу M150 товщиною 20 мм.

Для забезпечення монолітності конструкції шви між сусідніми плитами заповнюються бетоном класу C20/25. Цей процес герметизації швів об'єднує плити в безперервну систему, дозволяючи їм працювати разом як єдиній несучій поверхні. По периметру кожна плита кріпиться до несучих стін за допомогою сталевих дюбелів, діаметром 10 мм, які приварюються до арматурної сітки в стінах. Таке з'єднання запобігає будь-якому руху плит і забезпечує загальну стабільність системи перекриття.

Пустотіла конструкція плит також забезпечує ефективну звукоізоляцію, досягаючи показника звукоізоляції повітряного шуму  $R_w = 51$  дБ. Це зменшує передачу шуму між поверххами, створюючи тихіше житлове середовище. Плити також відповідають вимогам пожежної безпеки, маючи клас вогнестійкості REI 90, що означає, що вони можуть зберігати свою структурну цілісність протягом щонайменше 90 хвилин у разі пожежі. Крім того, межа прогину для плит встановлена на рівні  $L/250$ , де  $L$  - це проліт плити, що гарантує, що будь-який прогин залишається в допустимих межах, а підлога залишається рівною.

### **Сходи**

Сходові клітки в будинку запроектовані як залізобетонні конструкції з монолітною конструкцією. Сходові марші спираються на несучі стіни та плити перекриття на площадках, що забезпечує стійкість та міцність. Сходи спроектовані зі стандартною шириною 1,2 метри, що дозволяє легко пересуватися і дотримуватися правил пожежної безпеки. Розміри сходинок ретельно продумані для комфорту і безпеки, з висотою подступенка 170 мм і глибиною проступи 300 мм, що забезпечує безпечний і комфортний підйом і спуск.

Сходова клітка огорожена вогнестійкими стінами та дверима, що відповідають необхідному класу вогнестійкості EI 60 для цілей евакуації. Сходи обладнані поручнями з нержавіючої сталі для безпеки та підтримки.

Площадки між сходовими маршами розташовані на відстані, щоб забезпечити достатню кількість місць для відпочинку, а сходові клітини освітлені аварійним освітленням, яке активується у разі відключення електроенергії, забезпечуючи видимість під час надзвичайної ситуації.

У будівлі є два ліфти, що забезпечують зручний доступ між поверхами для мешканців, особливо у випадку важких вантажів або для людей з обмеженими можливостями пересування. Ліфти є пасажирськими, призначеними для задоволення потреб у доступності всіх користувачів.

Кожен ліфт має вантажопідйомність 630 кг і може вмістити до 8 осіб одночасно, що відповідає місцевим будівельним нормам і правилам для житлових будинків. Шахти ліфтів побудовані із залізобетону для забезпечення структурної цілісності та стабільності. Ліфтова система приводиться в дію безредукторною тяговою машиною, що забезпечує безперебійну та енергоефективну роботу. Система управління включає в себе автоматичне управління дверима, а також механізм безпеки, який гарантує, що ліфт не працюватиме, якщо виникне несправність.

Кабіна ліфта спроектована з внутрішніми панелями з нержавіючої сталі, що забезпечує довговічність і легкість в обслуговуванні. Підлога всередині кабіни виконана з неслизького матеріалу, що забезпечує безпеку для пасажирів. Кожен ліфт обладнаний системами екстреного зв'язку, що дозволяє мешканцям зв'язатися з адміністрацією будинку або аварійними службами у разі виникнення інциденту.

### **Дах та покрівля**

Будівля має плаский дах, розроблений для забезпечення як функціональних, так і естетичних переваг. Дах складається із залізобетонної плити, яка слугує основним несучим елементом. Ця плита має товщину 220 мм, що забезпечує міцність конструкції і є основою для шарів ізоляції та гідроізоляції.

Щоб відповідати стандартам енергоефективності, плоский дах ізолюваний теплоізоляційним матеріалом, щоб мінімізувати втрати тепла і

забезпечити комфорт для мешканців будівлі. Основним ізоляційним матеріалом є екструдований пінополістирол. Шар ізоляції має товщину 100 мм, забезпечуючи теплопровідність  $\lambda = 0,035$  Вт/(м·К), що гарантує відповідність покрівлі необхідним критеріям теплотехнічних характеристик. Ізоляція укладається безпосередньо на бетонну плиту і покривається захисною стяжкою, щоб забезпечити її цілісність під час монтажу та експлуатації.

Система гідроізоляції є найважливішим компонентом плоскої покрівлі, що забезпечує захист від проникнення води і запобігає пошкодженню основної конструкції. Гідроізоляційний шар складається з бітумних мембран, які відомі своєю довговічністю і стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, води і температурних коливань. Мембрани наносяться методом гарячого розплаву, що забезпечує міцне зчеплення з основою і запобігає протіканню. Бітумна мембрана має товщину 2 мм і армована поліефірною тканиною для підвищення її міцності та гнучкості.

Щоб запобігти накопиченню води на даху, в конструкцію плоскої покрівлі вбудовується дренажна система. Дах нахилений, з мінімальним ухилом 2%, що забезпечує стікання води до дренажних отворів, розташованих у найнижчих точках. Ці водовідводи з'єднані з дощовою каналізацією будівлі, що забезпечує ефективне відведення дощової води від даху та будівельних конструкцій. Водостоки закриті решіткою, щоб запобігти блокуванню потоку води сміттям.

Термічний опір покрівельної системи розрахований відповідно до вимог сучасних стандартів енергоефективності, забезпечуючи коефіцієнт опору теплопередачі  $R = 3,5$  (м<sup>2</sup>·К)/Вт. Крім того, покрівля розрахована на вогнестійкість REI 60, що означає, що під час пожежі конструкція покрівлі може зберігати свою цілісність щонайменше 60 хвилин, що сприяє загальній пожежній безпеці будівлі.

## **Вікна та двері**

У будівлі встановлені вікна з алюмінієвої рами з двокамерними склопакетами, що забезпечують високу теплоізоляцію, звукоізоляцію та довговічність. У житлових кімнатах вікна доступні у двох конфігураціях 1,4 метра на 1,4 метра та 1,4 метра на 2,2 метра. У під'їзді розміри вікон 1,2 на 1,2 метри[4].

Алюмінієві рами покриті поліефірною порошковою фарбою, що забезпечує стійкість до корозії та ультрафіолетового випромінювання, що продовжує термін служби вікон. Рами оснащені терморозривами для мінімізації теплопередачі, що покращує загальні теплові характеристики будівлі.

Склопакети складаються з двох стекол з низькоемісійного скла (Low-E), розділених порожниною, заповненою газом аргоном, що підвищує теплоізоляційні властивості вікон. Скло має товщину 4 мм для внутрішнього і зовнішнього скла, а повітряний проміжок між ними становить 16 мм. Завдяки такій конструкції коефіцієнт опору теплопередачі становить 1,1 Вт/(м<sup>2</sup>-К), що гарантує, що вікна допомагають мінімізувати втрати тепла в зимові місяці та приплив тепла влітку. Склопакети також забезпечують відмінну звукоізоляцію зі значенням  $R_w$  33 дБ, зменшуючи шум від зовнішніх джерел[13].

Вхідні двері в будівлю - це сталеві двері оздоблені пофарбованою сталлю. Ці двері обладнані багатоточковими системами замикання для забезпечення підвищеної безпеки від несанкціонованого проникнення. Вхідні двері мають стандартний розмір 1 метр на 2 метри, що забезпечує легкий доступ для всіх мешканців.

Внутрішні двері виготовляються з дерева, забезпечуючи як естетичний вигляд, так і звукоізоляцію між кімнатами. Міжкімнатні двері в квартирах мають стандартні розміри 0,8 на 2 метри. Двері оснащені ущільнювачами для посилення звукоізоляції, особливо між спальнями та вітальнею.

## Покриття підлог

У вітальнях і спальнях постелено ламінат товщиною 8 мм. Ламінат - це високоякісне дерев'яне покриття, що відтворює зовнішній вигляд натуральної деревини, пропонуючи одночасно естетичне тепло і практичність. Ламінат виготовлений з деревоволокнистої плити високої щільності в якості основного матеріалу, який є гідрофобним, що робить його стійким до вологи і придатним для використання в різних зонах квартири. Поверхня оброблена зносостійким шаром, що забезпечує довговічність і стійкість до подряпин, плям і вицвітання. Ламінат монтується за допомогою системи клік-замок, що забезпечує швидкий і простий монтаж без використання клею[16].

Кухня та ванні кімнати оздоблені керамічною плиткою, обраною за водонепроникність, довговічність та легкість у догляді. Плитка має стандартний розмір 300 мм на 300 мм і товщину 12 мм. Плитка глазурована, що забезпечує гладку і непористу поверхню, яка запобігає поглинанню води і утворенню плям. Плитка для підлоги укладається за допомогою плиткового клею на цементній основі та затирається полімер-модифікованою затіркою, що забезпечує надійне та довговічне укладання. Плитка має матове покриття, що зменшує ризик ковзання на мокрій підлозі та полегшує догляд за нею.

У передпокої також укладено ламінат, що забезпечує єдиний естетичний вигляд у всій квартирі. Матеріал такий самий, як і в житлових приміщеннях, що забезпечує послідовний візуальний потік і легкість в обслуговуванні по всій квартирі.

У всіх приміщеннях підлогове покриття укладається на самовирівнюючу стяжку з цементного розчину, що забезпечує гладку і рівну основу. Краї підлогових покриттів оздоблені литими плінтусами з деревоволокниста плита середньої щільності, які пофарбовані в колір, що відповідає дизайну інтер'єру квартири. Плінтуси забезпечують акуратну обробку і приховують розширювальні зазори, необхідні для того, щоб ламінована підлога могла трохи рухатися при зміні температури і вологості[17].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 45 с. (Національні стандарти України).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2019. 44 с. (Національні стандарти України).
3. Білик А. С., Ковалевська Е. А. Розрахунок сталевих конструкцій будівель відповідно до Єврокоду 3 та національних додатків України: Посібник до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Київ: Український Центр Сталевого Будівництва (УЦСБ), 2017.
4. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Монтаж будівельних конструкцій”, Суми, СНАУ, 2008.
6. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми: «Мрія – 1», 2010. 452 с.
7. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 13–16 с. (Національні стандарти України).
8. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
9. Охорона праці і промислова безпека в будівництві: ДБН А.3.2-2-2009 [Чинний від 2012-04-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2012. 53–54 с. (Національні стандарти України).
10. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 44–46 с. (Національні стандарти України).
11. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2011. 125 с.
12. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.

13. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. К.: Мінрегіонбуд України, 2018. 7 с. (Національні стандарти України).

14. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2019. 54 с. (Національні стандарти України).

15. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.

16. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.

17. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.

18. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2017. 15 с. (Національні стандарти України).