

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Архітектури та інженерних
вишукувань
_____ Бородай Д. С.

«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження підсилення основи методом струменевої високонапірної цементації при реконструкції 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів»

Виконав (ла)

(підпис)

В. Д. Малофєєнко

(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-1м

(Науковий)
керівник

(підпис)

Д. С. Бородай

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: **Архітектури та інженерних вишукувань**
Спеціальність: **192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Малофєєнко Віталій Дмитрович

Тема роботи: Дослідження підсилення основи методом струменевої високонапірної цементації при реконструкції 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів

Затверджено наказом по університету № 3455/ос від " 07 " 10 2024р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 1 " грудня 2024 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, 1.1. Застосування струменевої цементації, 1.2. Параметричний аналіз, Розділ 2. Опис архітектурно-

планувального рішення будівлі, 2.1. Ситуаційний план, 2.2. Об'ємно-планувальне рішення, 2.3. Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

20 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :

(підпис)

Д. С. Бородай
(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

Д. С. Бородай
(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

В. Д. Малофєєнко
(Прізвище, ініціали)

Анотація

Малофеєнко Віталій Дмитрович «Дослідження підсилення основи методом струменевої високонапірної цементації при реконструкції 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

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.

Струменеве цементування є ефективною технологією для зміцнення ґрунту та ущільнення котлованів. Метод передбачає введення цементного розчину під високим тиском для створення колон, які підвищують міцність ґрунту та знижують проникність. У роботі акцентується увага на застосуванні цієї технології для ущільнення шпунтових паль в Україні, зокрема в умовах чутливих глиняних ґрунтів.

Дослідження зосереджене на розробці імовірнісних моделей для оцінки ефективності цементації, враховуючи параметри ґрунту, такі як гідравлічна провідність і проникність. Виконано аналіз впливу діаметра колон на нормалізовану площу отвору, а також вивчено використання обсадних труб для підвищення точності позиціонування. Результати демонструють, що належна герметизація зменшує приплив води на 10–15% навіть за умов значних варіацій у параметрах ґрунту.

Отримані дані дозволяють сформулювати рекомендації для оптимізації струменевого цементування при реконструкції об'єктів. Практичне застосування методів забезпечує сухі котловани з мінімальним впливом на

довкілля та покращує надійність технології для управління ґрунтовими водами в українських реаліях.

Ключові слова: цемент, розчин, фундамент.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Бородай Д.С., Малофєєнко В.Д. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВИ МЕТОДОМ СТРУМЕНЕВОЇ ВИСОКОНАПІРНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.34

2. Малофєєнко В.Д. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВИ МЕТОДОМ СТРУМЕНЕВОЇ ВИСОКОНАПІРНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.18

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 48 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 20 використаних джерел. Графічна частина складається з 20 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Malofeenko Vitaliy Dmytrovych “Study of foundation reinforcement by high-pressure jet cementation during the reconstruction of a 9-storey residential building in the city of Hlukhiv” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

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

Jet cementation is an effective technology for strengthening soil and compacting excavations. The method involves the introduction of cement mortar under high pressure to create columns that increase soil strength and reduce permeability. The paper focuses on the application of this technology for the compaction of sheet piles in Ukraine, in particular in sensitive clay soils.

The study focuses on the development of probabilistic models for assessing the effectiveness of cementation, taking into account soil parameters such as hydraulic conductivity and permeability. The influence of column diameter on the normalized hole area was analyzed, and the use of casing pipes was studied to increase positioning accuracy. The results demonstrate that proper sealing reduces water inflow by 10–15% even under conditions of significant variations in soil parameters.

The data obtained allow us to formulate recommendations for optimizing jet cementing during the reconstruction of facilities. The practical application of the methods provides dry pits with minimal environmental impact and improves the reliability of the technology for groundwater management in Ukrainian realities.

Keywords: cement, mortar, foundation.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Boroday D.S., Malofeenko V.D. TECHNICAL AND ECONOMIC

SUBSTITUTION OF FOUNDATION REINFORCEMENT BY THE METHOD OF JET HIGH-PRESSURE CEMENTATION // Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KHNADU, Kharkiv, P.34

2. Malofeenko V.D. TECHNICAL AND ECONOMIC SUBSTITUTION OF FOUNDATION REINFORCEMENT BY THE METHOD OF JET HIGH-PERFORMANCE CEMENTATION USING FIBERGLASS REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES / Materials of the 86th International Scientific Conference of Students, April 8-12, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.18

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

Structure of the work.

The work consists of the main text on 48 pages, including 6 tables, 10 figures. The text of the work contains a general description of the work, 2 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 20 sources used. The graphic part consists of 20 multimedia presentation slides.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
1.1. Застосування струменевої цементациї.....	12
1.2. Параметричний аналіз.....	21
Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	35
2.1. Ситуаційний план.....	35
2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....	35
2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....	37
Список використаних джерел.....	47

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Струменеве цементування почалося з введення високошвидкісних хімічних розчинів через свердловини для змішування та стабілізації ґрунту. Це створило цементні тіла, які підвищили міцність на стиск і зменшили проникність. Технологія розвинулася до використання розчинів на основі цементу, які зараз застосовуються в усьому світі, зокрема в Азії, Центральній Європі та Північній Америці.

Струменеве цементування стабілізує ґрунт, змішуючи його з цементним розчином за допомогою впорскування під високим тиском, утворюючи колони чи інші структури. Ці колони діаметром від 0,7 до 2.2 метрів, зміцнюють фундаменти та ущільнюють котловани. У Швеції, де домінують глина та ґрунт, струменеве цементування використовується для розширення шпунтових стін і створення водонепроникних бар'єрів, коли перешкоди заважають глибшій установці. Це також допомагає зменшити вплив ґрунтових вод на котловани.

У той час як струменеве цементування все частіше використовується в Україні для ущільнення виїмок шпунтових паль через чутливі глиняні відкладення, його довгострокова ефективність залишається недостатньо вивченою.

Мета і завдання дослідження: Ця робота має на меті покращити розуміння струминного цементування, техніки покращення ґрунту, яка часто використовується в Україні для ущільнення виїмок паль. Незважаючи на тривале використання, цей метод дав неоднозначні результати. Із посиленням обмежень на відбір ґрунтових вод для запобігання структурним осіданням ефективно ущільнення стало вирішальним. Неналежне ущільнення може призвести до судових позовів і значних економічних і екологічних наслідків.

У роботі розглядаються ключові міркування при розробці проекту струминного цементування, включаючи надійність поточних методів оцінки герметизації, ефективність струминного цементування для ущільнення виїмок шпунтових паль і прийнятні рівні припливу води після впровадження.

Зосереджуючись на конкретному дослідженні в Сумській області, дослідження розглядає наукову літературу для аналізу впливу ґрунтових умов на результати ущільнення. Його метою є розробка двох імовірнісних моделей для розрахунку нормалізованої площі свердловини, яка буде використовуватися для оцінки притоку води на одиницю часу та площі на основі первинних параметрів.

Отримані результати призначені для надання рекомендацій щодо використання струминного цементування для герметизації виїмок паль та інструментів для оцінки інфільтрації води, тим самим підвищуючи надійність струминного цементування як методу герметизації для досягнення сухих виїмок нижче рівня ґрунтових вод з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження: Дослідження підсилення основи методом струменевої високонапірної цементації.

Предмет дослідження: Реконструкція 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів

Методи дослідження: Методи дослідження зосереджені на оцінці ефективності струминного цементування для ущільнення виїмок шпунтових паль і управління ґрунтовими водами. Підхід починається з ретельного огляду існуючої наукової літератури та тематичних досліджень, щоб зрозуміти застосування струминного цементування, проблеми та нормативний контекст.

Конкретний проект слугує прикладом, збираючи польові дані про стан ґрунту та швидкість надходження води під час впровадження струминного цементування. Розроблено дві імовірнісні моделі для розрахунку нормалізованої площі отвору, отриманої в результаті струминного цементування, включаючи такі параметри, як тип ґрунту та ефективність ущільнення, для кількісної оцінки невизначеності ефективності ущільнення. Потім зібрані дані аналізуються, щоб визначити вплив ґрунтових умов на

результати ущільнення, при цьому швидкість припливу оцінюється на основі результатів моделі.

Аналіз чутливості оцінює надійність імовірнісних моделей, оцінюючи, як варіації вхідних параметрів впливають на прогнозовані результати. Дослідження завершується рекомендаціями щодо ефективного використання струминного цементування для герметизації, надає вказівки щодо оцінки інфільтрації води та оптимізації продуктивності для сухих земляних робіт з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Цей інтегрований підхід поєднує теоретичні знання з практичним застосуванням для комплексної оцінки струминного цементування як рішення для ущільнення для управління ґрунтовими водами.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Наукова новизна роботи полягає в розробці імовірнісних моделей для оцінки ефективності струменевого цементування шпунтових паль, що враховують специфіку місцевих ґрунтів і гідрогеологічних умов України. Моделі інтегрують параметри ґрунту, такі як проникність, тріщини та гідравлічна провідність, для оцінки площі цементованих ґрунтів і припливу води.

Для розрахунку діаметра колони запропоновано два методи: напіваналітичний та емпіричний. Аналіз показав, що середній діаметр колони має найбільший вплив на нормалізовану площу отвору (коефіцієнт кореляції до 0,85). Для поліпшення герметизації було виявлено, що використання обсадних труб знижує помилки позиціонування та нахилу на 15-20%, але збільшує витрати, особливо на великих глибинах. Оцінки ефективності герметизації підтвердили важливість точних розрахунків діаметра колон, де навіть мале відхилення може призвести до зниження ефективності ущільнення на 10-15%.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Бородай Д.С., Малофеєнко В.Д. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВИ МЕТОДОМ СТРУМЕНЕВОЇ ВИСОКОНАПІРНОЇ

ЦЕМЕНТАЦІЇ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.34

2. Малофєєнко В.Д. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВИ МЕТОДОМ СТРУМЕНЕВОЇ ВИСОКОНАПРНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.18

1.1. Застосування струменевої цементациї

Збір даних для процесу струминного цементування проводився безперервно на всіх трьох ділянках з використанням системи моніторингу. Ця система моніторингу інтегрована в доменні цементні заводи та призначена для вимірювання та реєстрації різних параметрів за допомогою передових датчиків. Зібрані дані згодом візуалізуються в графічному та числовому форматах, що полегшує аналіз у реальному часі та інтерпретацію процесу струминного цементування.

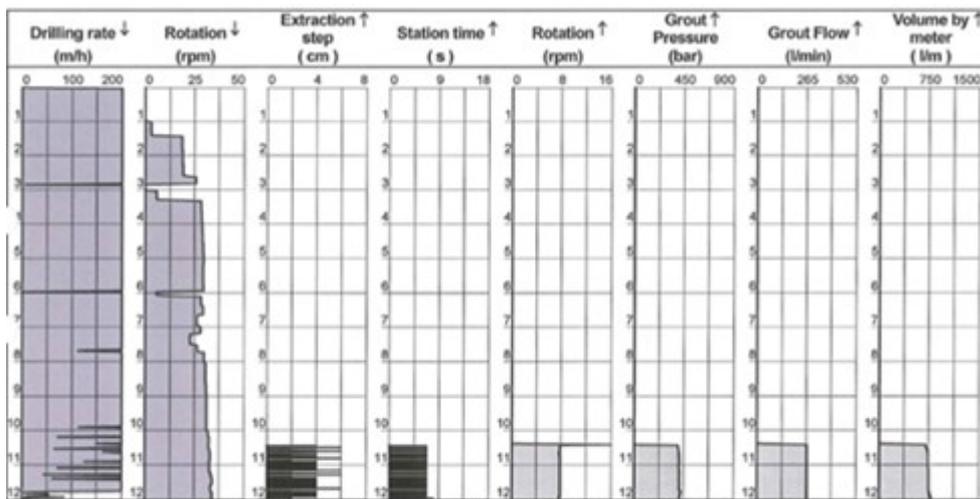


Рис. 1.1. Приклад даних із системи моніторинг

Дані про стан ґрунту були зібрані шляхом первинних обстежень на кожній ділянці з використанням ряду методів, включаючи випробування на проникнення конуса, випробування на проникнення плунжера, стандартні випробування на проникнення, лопаткові випробування, спіральні шнеки та поршневі пробовідбірники. Вибір методів базувався на специфічній

інформації, необхідній для проектування котловану, керуючись усталеною практикою та експертним досвідом.

Щоб створити імовірнісну модель, придатну для поточного використання, модель повинна спиратися на дані, що регулярно збираються з систем моніторингу та дослідження ґрунту. Деякі методи можуть не надавати адекватної інформації про властивості, критичні для застосування реактивного рішення, але дають цінні дані для інших аспектів проектування.

Середній діаметр колони струминного цементування оцінюється двома методами. Перший, запропонований є узагальненим підходом, адаптованим до різних ґрунтових умов. Другий є менш складним і може бути використаний під час виробництва.

Було розроблено дві імовірнісні моделі для оцінки нормалізованої площі отвору для двох типів ущільнень. Моделі оцінюють процес будівництва, вплив властивостей ґрунту на результати та те, як ці фактори можуть бути інтегровані в структуру моделювання. Ключові параметри, які розглядаються при розробці моделі, включають ймовірність тріщин під час струминного цементування, на яку впливають тіньові ефекти, поділ колон на основі діаметра, довжини та точності виконання, а також конкретну систему струминного цементування. Крім того, враховується проникність як колони струминного розчину, так і вихідного ґрунту, залежно від складу та властивостей ґрунту, а також розчинної суміші.

Імовірнісна модель у поєднанні із загальними гідравлічними принципами розраховує приплив води в поглиблення на основі оброблених даних з місця. Згодом це порівнюється з вимірним потоком, отриманим під час польових випробувань насосів. Імовірнісна модель використовує метод Монте-Карло, який генерує численні результати шляхом використання невизначених, статистично розподілених змінних, що дозволяє статистичну оцінку результатів із заданим ступенем достовірності.

Перевірку розробленої моделі було проведено за допомогою параметричного аналізу, що дозволяє перевірити, як варіації конкретних

параметрів впливають на результати. Цей аналіз визначає найбільш значущі змінні та ті, що мають найменшу невизначеність, моделюючи базові сценарії та коригуючи один параметр на $\pm 15\%$ та $\pm 5\%$.

Починаємо з аналізу методу струминного цементування, зосереджуючись на створенні цементного тіла, відповідного обладнання та фізичних взаємодій і механізмів, залучених до модифікації ґрунту. Він також розглядає обмеження та потенційні побічні ефекти процесу, закінчуючи обговоренням відповідних компонентів, зокрема висвітлюючи два компоненти, які цікавлять це дослідження.

Струминний спосіб цементування підвищує міцність ґрунтів і знижує водопроникність, за винятком глин. Цей процес відбувається через просвердлений отвір, використовуючи радіальний струмінь рідини, який утворює циліндричну зону модифікованого ґрунту, коаксіальну зі свердловиною. Радіальні струмені високого тиску розмивають ґрунт, полегшуючи проникнення цементуючого розчину. Крім того, рідини під високим тиском можуть транспортувати частину або весь ґрунт і шлам назад на поверхню, явище, яке називають псуванням. В даний час водоцементний розчин є основною рідиною, яка використовується для формування цементного тіла, хоча також можуть використовуватися хімічні розчини.

Існує три основні типи цементаційних систем: одинарна, подвійна та потрійна рідинна система. Ключова відмінність між цими системами полягає в змішуванні рідин, що випускаються з радіальних струменів. Пристрої, відповідальні за впорскування рідини в ґрунт, відомі як монітори, які часто оснащені бурами, хоча попереднє буріння іноді можна використовувати без бура. У кожній системі цементування використовується спеціальний монітор, призначений для впорскування рідин у бажаній конфігурації.

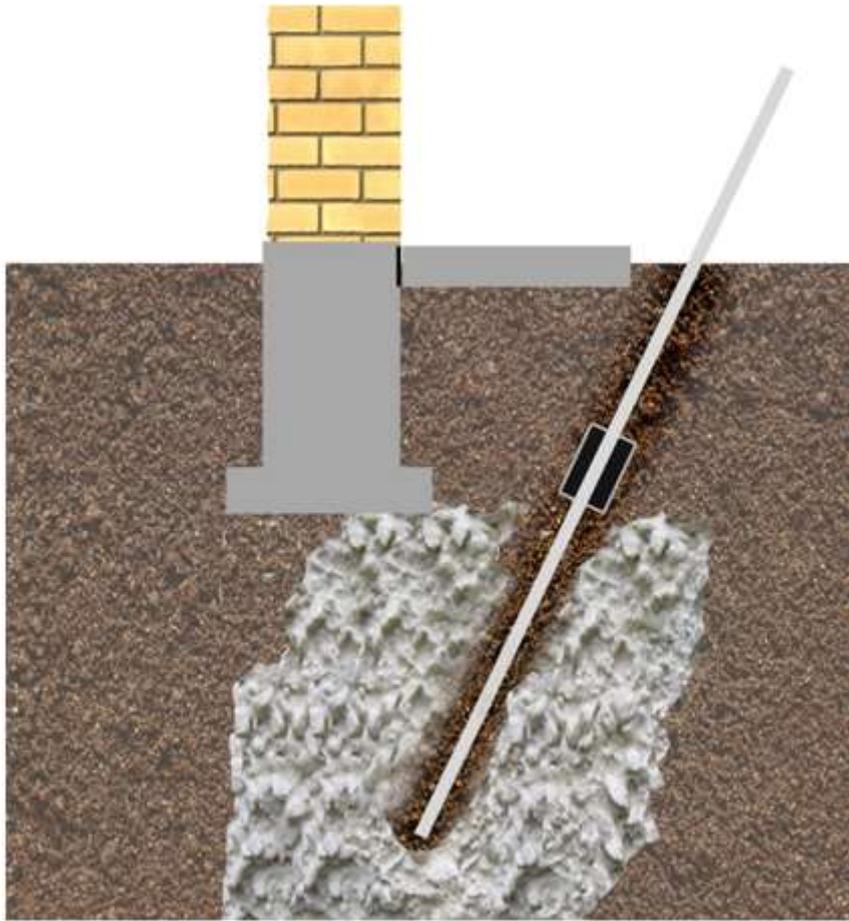


Рис. 1.2. Принцип цементації ґрунту

Менш звичайним методом впорскування рідини є перехресно-струменева система, яка використовує дві радіальні струменя під кутом, які перетинаються на фіксованій відстані від монітора, що призводить до більш рівномірного діаметру колони. У системі з однією рідиною цементний розчин впорскується через одну або кілька форсунок, де і ерозійний ефект, і цементация досягаються однією рідиною.

І навпаки, подвійна рідинна система посилює ці ефекти за рахунок подачі повітря під високим тиском. У цій конфігурації струмінь цементуючого розчину оточений струменем повітря під високим тиском, що випускається з круглого сопла. Ця повітряна сорочка зменшує втрати енергії в цементному розчині, підвищуючи ефективність і збільшуючи відстань ерозії. Альтернативна версія з подвійною рідиною використовує струмінь води замість повітря, де вода впорскується зверху для промивання та

реформування ґрунту, тоді як цементуючий розчин впорскується знизу для затвердіння еродованого ґрунту.

Система з трьома рідинами схожа на альтернативну систему з двома рідинами, оскільки вона розділяє процеси ерозії ґрунту, реформування та цементації. У цій установці водяний струмінь у верхній частині оточений повітрям під тиском, щоб допомогти у зміні форми ґрунту, при цьому цементуючий розчин вводиться знизу з низькою швидкістю. Струмені розчину з більшою швидкістю можуть ще більше посилити ерозію та зміну форми ґрунту, збільшуючи об'єм обробленого ґрунту.

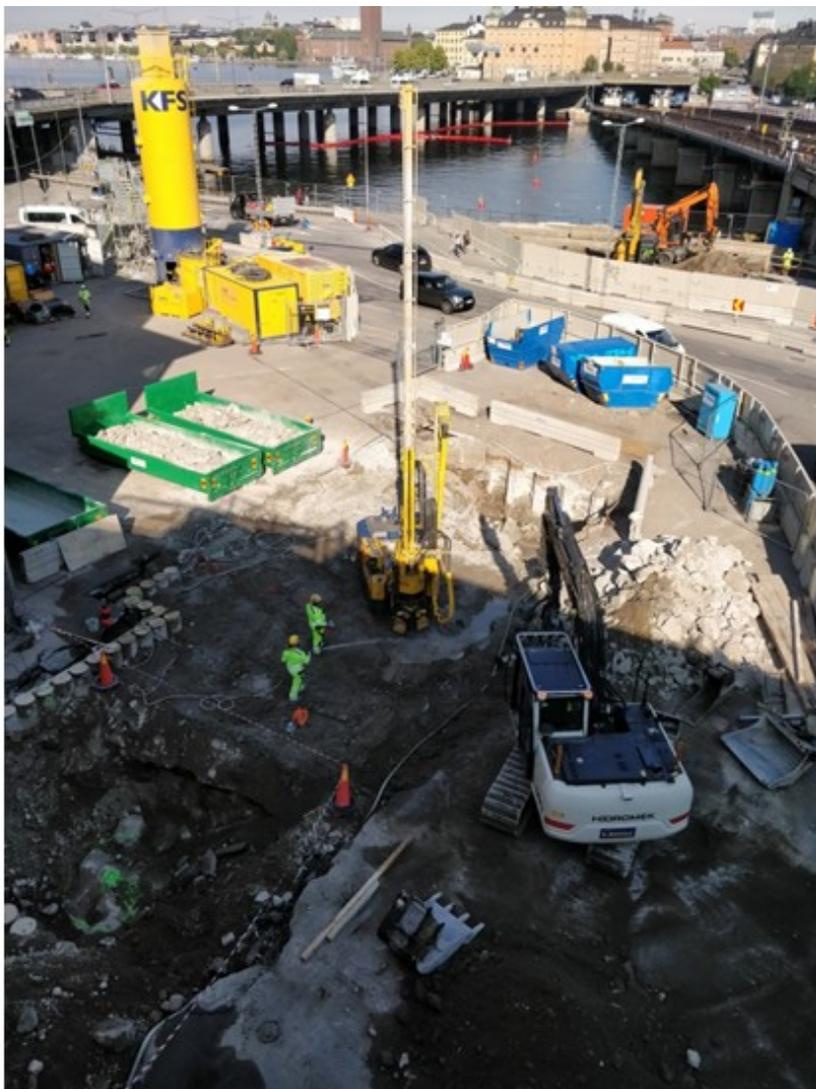


Рис. 1.3. Облаштування майданчика, що використовується для єдиної рідинної системи

Застосування струминного цементування на місці вимагає комплексного налаштування обладнання. Це включає з'єднання від складу

цементу до змішувальної установки та використання насоса високого тиску для перекачування розчину. Для системи з двома рідинами необхідний повітряний компресор, а для системи з трьома рідинами також потрібен водяний насос високого тиску. Основне обладнання включає бурову установку з буровою установкою, колонну штанг, монітор і схему живлення.

Ефективне змішування має вирішальне значення, тому автоматизовані установки є кращими для безперервного виробництва та точного вимірювання окремих компонентів. Цемент вимірюють на вагах, а воду та добавки об'ємно. Високотурбулентний змішувач готує розчин, який зберігається в ємності з низькошвидкісною мішалкою для запобігання затвердінню. Завод має виробляти від 12 до 22 кубометрів шламу на годину, за потреби поповнюючи цемент.

Цементувальні насоси повинні створювати високий тиск досягаючи 55 МПа або більше, з аналогічними вимогами до водяних насосів у трьох рідинних системах. Повітряні компресори створюють повітряні сорочки в дво- і трижидкостних системах, що працюють при тиску 0,75-1,55 МПа і споживають 220-310 л повітря в секунду. Тип порожнистого сердечника в цементувальній установці залежить від системи, з діаметром від 65 до 125 міліметрів. Більша кількість трубок у серцевині зменшує структурну міцність, що є вирішальним для твердих або кам'янистих ґрунтів.

Процес струминного цементування складається з етапів свердління, підйому та обертання. Розкопки виконуються за допомогою роторного буріння на необхідну глибину діаметром від 95 до 145 міліметрів, використовуючи повітря, воду або розчин як промивне середовище. Підйом може відбуватися періодично або безперервно, причому періодичний підйом дозволяє багаторазово пропускати рідину та ступінчасте підняття від 45 до 105 міліметрів. Безперервний підйом створює спіральну колону з постійною швидкістю підйому. Варіації обертання можуть створювати форми, відмінні від циліндричних, хоча це дослідження зосереджено на циліндричних колонах.

Струменеву цементацию можна застосовувати до різних ґрунтів, в основному класифікованих як гравій, пісок і глина, для кожного з яких потрібні різні методи через відмінності у взаємодії частинок. Механізми взаємодії струменя з ґрунтом поділяють на три типи: інфільтрація, ерозія та зріз.

Інфільтрація дозволяє цементному розчину заповнювати порожнечі між частинками ґрунту. Ерозія, переважний механізм у гравії та піску, передбачає видалення частинок ґрунту, щоб створити простір для цементного розчину, тоді як різання відноситься до струменевого розрізання більших мас ґрунту. Підвищення тиску впорскування є більш ефективним, ніж подовження часу впорскування, для досягнення більшого діаметру стовпа в цих типах ґрунту, хоча в чистому гравії більший час впорскування може покращити проникнення.

У мулах, піщаних мулах і глинах зсув є основним механізмом, коли кількість обертів впливає на однорідність і розмір цементних колон. Довший час ін'єкції в цих ґрунтах може призвести до більшої однорідності.

Струминна цементация також може спричинити побічні ефекти, такі як спучування поверхні пластичних глин через раптове потрапляння води та гідравлічний розрив пласта через надмірний тиск рідини, що призводить до тріщин і витоків рідини. Крім того, затвердіння цементу може підвищити температуру ґрунту, а лужні реакції можуть утворювати шкідливий аміак.

Великі частки, наприклад бруківка, можуть спричинити затінення, де великі частинки перешкоджають дії струменя, що призводить до меншого діаметру стовпа. Ця проблема особливо виражена на неоднорідних ґрунтах.

Струменеве цементування використовується для поліпшення ґрунту під бетонними фундаментами, підвищення несучої здатності та мінімізації осідання. Існують два основні методи нанесення цементного розчину, які визначаються відстанню між отворами для струменевого цементування відносно діаметра колони. Перший метод створює стовпи, коли відстань перевищує діаметр стовпа, що робить його придатним для кам'янистих

ґрунтів, де традиційне укладання палів є недоцільним. Незважаючи на те, що ці цементні колони ефективно зменшують осідання, вони часто стикаються з проблемами, пов'язаними з низьким опором на вигин і міцністю на зсув.

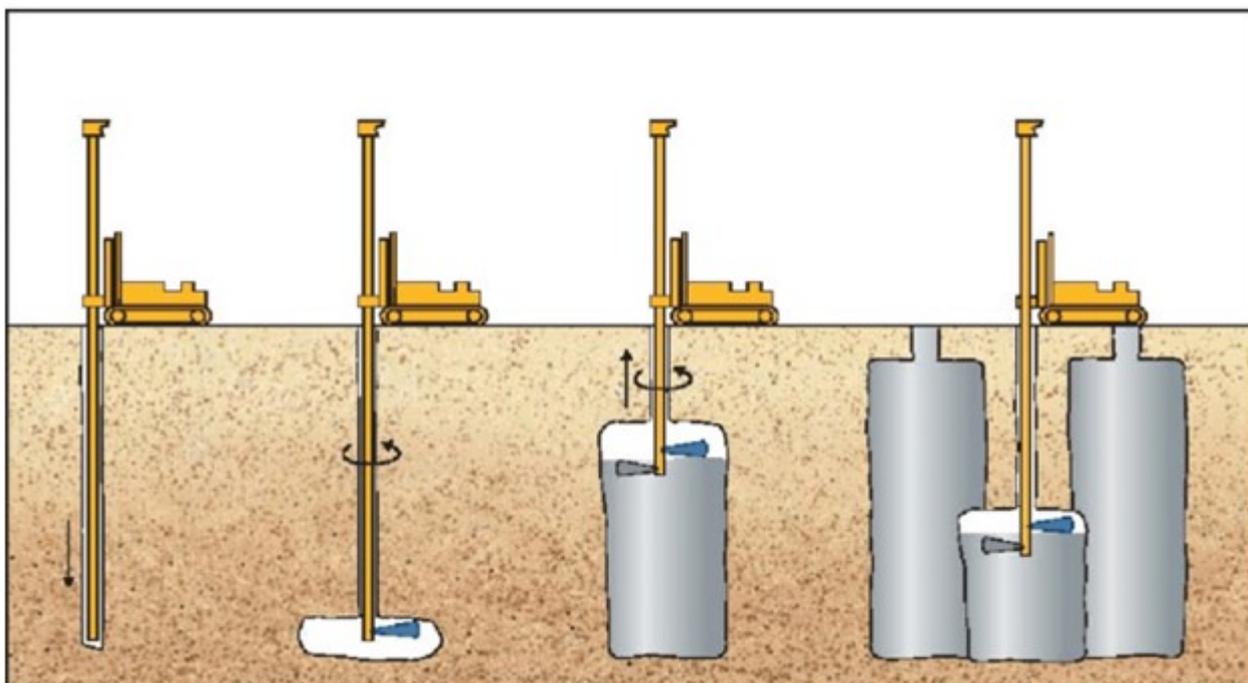


Рис. 1.4. Створення стовпів

Для великих ексцентричних навантажень може бути вигідним будівництво уніфікованого цементного блоку під фундаментом. Цей метод включає в себе тісно розташовані отвори для створення армованих блоків, які покращують міцність на розтяг і зсув, що також можна застосувати в дорожніх і залізничних насипах з використанням георешіток.

Струменеве цементування також зміцнює існуючі основи та підтримує нестабільні будівлі або котловани. Похилі колони полегшують доступ для передачі навантаження від елементів конструкції, а колони, що перекриваються в конструкціях підпірних стінок, забезпечують безперервну опору. Цементні колони з круглим струменем ефективно зберігають міцність на розтяг і зсув під час вертикальної екскавації.

Крім того, струменеве цементування підтримує операції прокладання тунелів, забезпечуючи структурну стабільність і контролюючи інфільтрацію ґрунтових вод. Його можна наносити з поверхні або всередині тунелю. Поверхнєве нанесення дозволяє скоротити час будівництва, тоді як

внутрішнє промивання необхідне, коли ґрунтовий покрив надмірний. Загалом струменеве цементування підвищує стабільність і цілісність тунелю, особливо при використанні з тунелебурильними машинами.

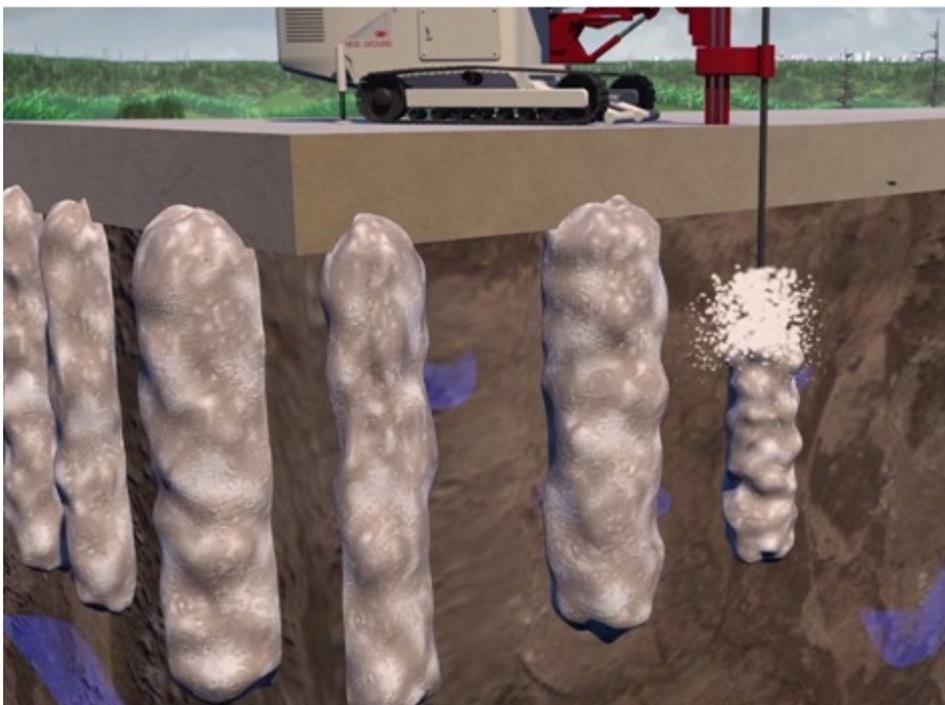


Рис. 1.5. Установка для цементування

Струминне цементування підвищує міцність ґрунту та зменшує водопроникність, що робить його необхідним для створення тимчасових і постійних бар'єрів для потоку. Ця техніка використовується для покращення дамб шляхом утворення вирізів, які пом'якшують несподівані потоки води та ерозію.

Крім того, струменеве цементування ущільнює водопропускні труби, що протікають, і запобігає міграції забруднюючих речовин із звалищ, використовуючи кутові стовпи цементування. Він також може герметизувати виймки шпунтових паль, з перекриваючими цементованими колонами, утворюючи ефективні бар'єри з низькою проникністю.

При будівництві стін з цементного розчину струминні колони можна розташовувати послідовно. Цей метод швидко формує сусідні колони, але існує ризик пошкодження першої колони під час земляних робіт. Новий

метод послідовності дозволяє збільшити час захоплення, підвищуючи продуктивність.

Створення нижніх заглушок колон, що перетинаються, запобігає просочуванню води з дна траншеї виконується по одній колоні за раз, забезпечуючи правильний відстань і діаметр. Ці цементовані нижні пробки також забезпечують високу міцність на стиск для використання в конструкціях підпірних стін і будівельних роботах.

1.2. Параметричний аналіз

Був проведений параметричний аналіз для визначення параметрів, які суттєво впливають на нормовану площу отвору. Цей аналіз мав на меті визначити, які параметри виявляють найменшу невизначеність. Для двох стохастичних моделей було виконано еталонне моделювання з використанням значень, оцінених у літературі для перевірених параметрів, тоді як інші параметри залишалися постійними. Коригування $\pm 15\%$ і $\pm 25\%$ від еталонних значень були застосовані для оцінки їх впливу на нормалізовану загальну площу пор.

Проаналізовані параметри включають статистичні вимірювання, що визначають три випадкові змінні та їх коефіцієнти кореляції в моделі шпунтової палі. Сітка, яка використовується для еталонного моделювання, залишається постійною протягом усього аналізу, як показано на малюнку, і дослідження впливу розміру сітки не проводилося. Рисунок демонструє збіжність ймовірності пробоїни протягом 5000 ітерацій, коли кількість ітерацій залишається незмінною протягом параметричного дослідження.

Представлені результати еталонного моделювання моделі нижньої пробки разом із відповідними вхідними параметрами. Кожна випадкова величина характеризується своїм середнім і стандартним відхиленням. За допомогою трьох випадкових змінних аналізується загалом шість різних параметрів. Кожен параметр оцінюється за п'ятьма значеннями, отриманими з еталонного зразка, включаючи зменшення та збільшення на 25% і 15%, і ці значення наносяться на графік відносно нормалізованої площі отвору.

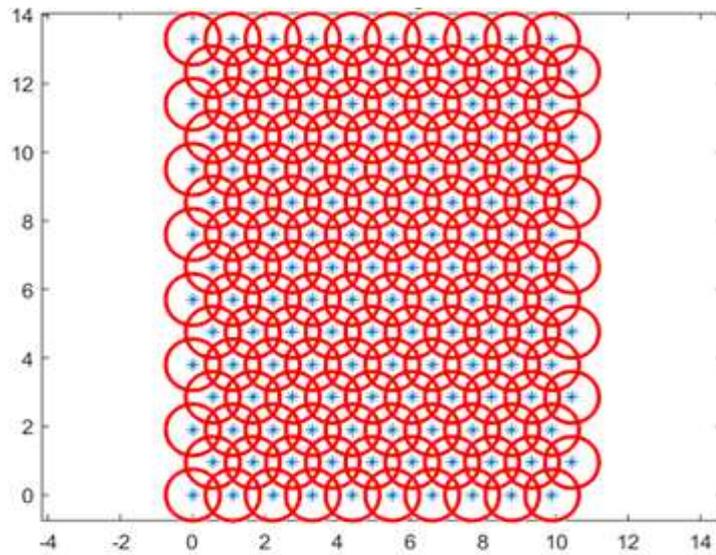


Рис. 1.6. Проаналізована опорна сітка

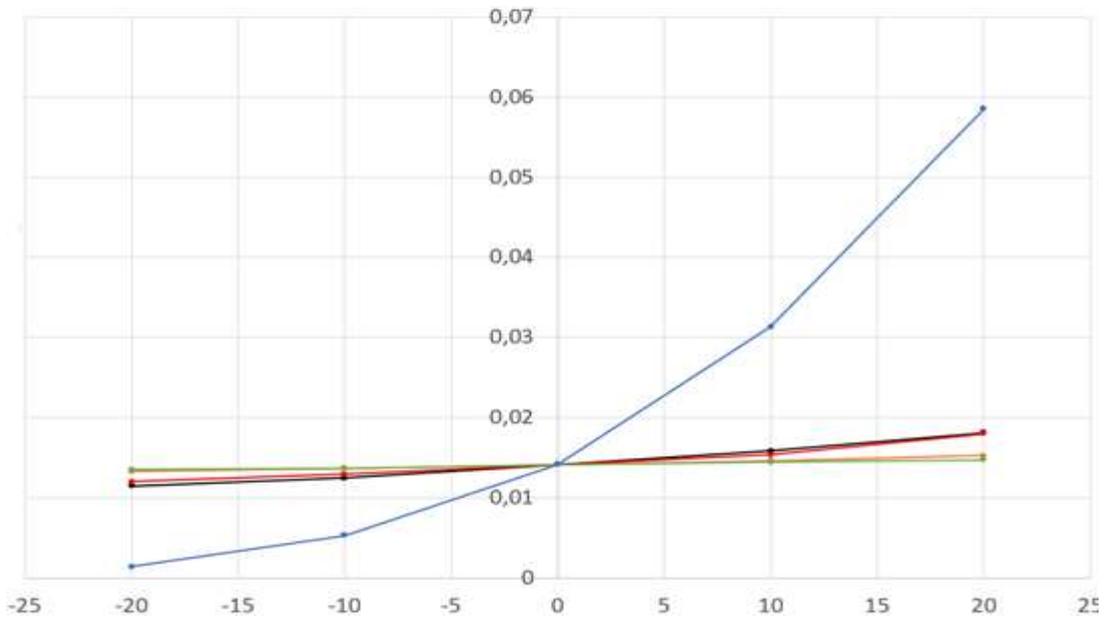


Рис. 1.7. Проаналізовані графіки параметрів

Таблиця 1.1. Характеристика параметрів

Параметр	Коефіцієнт підвищення норми[-]
μ_d	453.5
σ_d	4.1
μ_p	1.2
σ_p	1.03
μ_i	1.27
σ_i	1.07

Параметричний аналіз цієї моделі використовує той самий підхід, що й модель нижньої пробки, з використанням еталонного моделювання на основі значень, отриманих з літератури. Кожен параметр змінюється індивідуально, зберігаючи інші постійними відносно еталонного моделювання. Параметри тестуються при -15%, -5%, +5% і +15% від еталонних значень.

Результати еталонного моделювання показують, що кожна випадкова змінна характеризується своїм середнім і стандартним відхиленням. Включаючи коефіцієнт кореляції, аналізуються загалом три випадкові величини та сім параметрів. Кожен параметр оцінюється за п'ятьма різними значеннями, отриманими в результаті коригування контрольного значення. Отримані значення наносяться на графік відносно нормалізованої площі отвору стіни, щоб продемонструвати окремі ефекти.

Більш детальне вивчення коефіцієнта кореляції виявляє експоненціальний вплив, хоча менш виражений. Нормальний коефіцієнт збільшення для $\pm 25\%$ змін кожного параметра вказує на те, що є особливо впливовими. Збільшення коефіцієнту призводить до майже повного зменшення нормалізованої площі отвору, але такі значні збільшення можуть викликати ускладнення, не враховані в моделі.

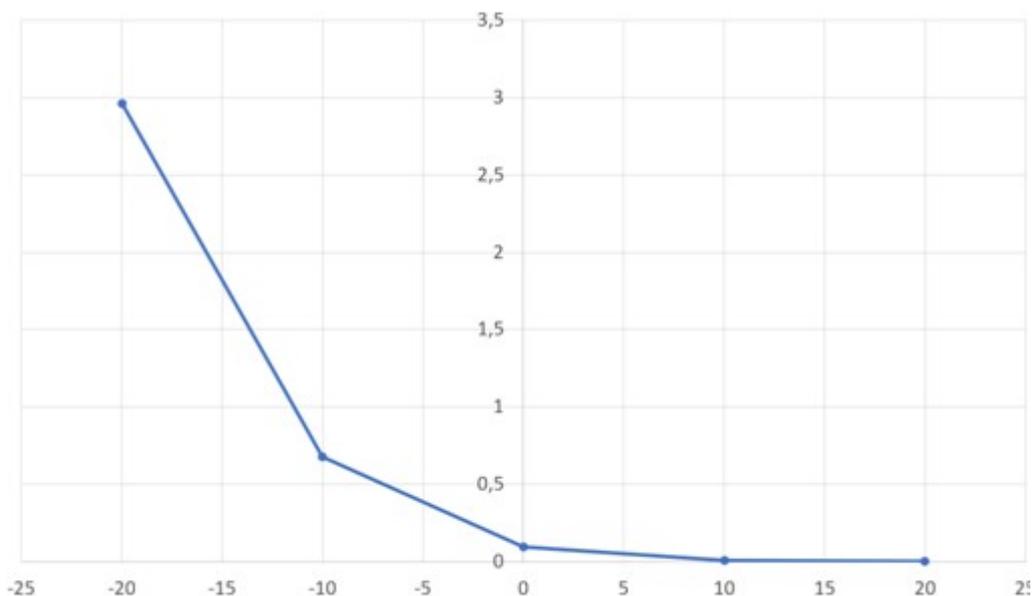


Рис. 1.8. Середній діаметр і нормована площа отвору

Таблиця 1.2. Корегувальні значення

Параметри	Коефіцієнт підвищення норми[-]
μ_d	31.16
σ_d	2.45
ρ_d	1.21
μ_p	1.15
σ_p	1.05
μ_l	1.34
σ_l	1.12

Модель було розроблено шляхом ітераційного тестування, щоб забезпечити функціональність і адаптивність для різних макетів проекту, зберігаючи дійсність результатів. Нормалізація основних результатів відносно загальної площі стелі полегшує порівняння подібних проектів.

Кілька факторів, не включених до імовірнісної моделі, можуть впливати на результати ущільнення. Однією з важливих областей для вдосконалення є впровадження більш комплексного підходу до тіньових ефектів, зокрема при струминному цементуванні на оброблених або меліорованих землях. Крім того, врахування нерівностей поверхонь гірських порід може підвищити надійність моделі шляхом імітації різної довжини стовпів. Використання статистичних розподілів для зміни діаметрів стовпів із глибиною створює складності, які ускладнюють реалізацію, тоді як збільшення кількості проаналізованих отворів підвищує точність, але підвищує вимоги до обчислень.

В обох моделях азимутальні кути та відхилення нахилу рівномірно розподілені, що передбачає однакову ймовірність відхилення в усіх напрямках. Однак практичні операції можуть виявити зміщення спрямованості через характер вибухового цементування, що робить важливим дослідження альтернативних типів розподілу.

Параметричний аналіз показав, що середній діаметр є найбільш впливовим параметром, а потім стандартне відхилення. Цікаво, що середній нахил був третім за значимістю фактором, тоді як середнє положення мало менший вплив. Ця розбіжність підкреслює можливість більших похибок вимірювань під час польових операцій, де практичні обмеження часто призводять до прийняття похибок нахилу. Тому, щоб створити герметизуючий бар'єр, оператори повинні зосередитися на мінімізації помилок нахилу, а не надавати пріоритет точності позиціонування.

Інтригуючим відкриттям у моделі наконечника шпунтової палі є ідентифікація гіпотетичного вертикального коефіцієнта кореляції як четвертого найбільш впливового параметра. Цей коефіцієнт було введено для моделювання кореляції між малими діаметрами окремих колон на однаковій глибині, припускаючи, що стратифікація та неоднорідність ґрунту однаково впливатимуть на всі колони. Хоча цей підхід є обґрунтованим, автори припускають, що кореляція повинна бути реалізована в кількох вимірах, а не просто горизонтально, щоб краще відображати реальні умови.

Визначення відповідних значень параметрів також є критичним. Діапазон значно впливає на нормалізовану площу отвору, причому крайні значення 0 (вказує на відсутність кореляції) або 1 (вказує на ідеальну кореляцію) є недійсними. Наразі остаточного значення немає, що потребує подальшого дослідження, щоб встановити його значення та відповідну величину, яка, ймовірно, залежить від властивостей ґрунту. Значення 0,55 було обрано для параметричного аналізу та тематичних досліджень, що відображає помірну кореляцію, яка помітно покращує нормальний розподіл результатів приблизно на 205% порівняно зі сценарієм без кореляції.

Діаметр колон залишається найвпливовішим фактором підкреслюючи важливість перевірки фактичного діаметра, досягнутого під час польових операцій. Проблеми виникають не лише із заниженою оцінкою діаметрів, як показано на попередніх малюнках, але й коли діаметри перевищують допустимі межі без видимих індикаторів. Завищений діаметр може призвести

до перешкод для сусідніх свердловин, створюючи ускладнення на основі послідовності виробництва. Наприклад, у новій жорсткій послідовності розширення вторинних колон може бути перешкоджено, що призведе до значних витоків через створення великих отворів.

Виявлення та кількісна оцінка впливу фактичного впровадження на місцях представляє проблеми, які в основному пояснюються людським фактором або помилками. Вони охоплюють низку проблем, таких як забуті або відсутні полюси, неправильна конфігурація обладнання, неправильне розташування через неналежний зв'язок та інші робочі несправності. Такі помилки особливо поширені в будівельній галузі, що швидко розвивається.

Хоча ці фактори суттєво впливають на площу отвору і, отже, на результати герметизації, вони не включені в імовірнісну модель. Тим не менш, слід визнати потенційний вплив цих помилок на ефективність ущільнення. Слід запроваджувати ефективні стратегії пом'якшення наслідків, включаючи добре розроблену програму контролю, комплексне оперативне планування, чітку комунікацію та надійні системи моніторингу та забезпечення якості.

Модель зосереджена виключно на аспекті струминного цементування герметизуючої конструкції, нехтуючи взаємодією між цементним розчином і навколишніми компонентами, такими як шпунтові стіни та корінні породи. Ці з'єднання являють собою додаткові потенційні точки витоків, що вимагає подальшого дослідження, щоб краще зрозуміти обмеження струминного цементування та його включення в модель.

Незважаючи на свої обмеження, ця модель дає цінну інформацію про відключення реактивних розчинів, вирішуючи ключові проблеми. Надійність параметричного аналізу визнана, навіть якщо точні значення є відкритими для обговорення. Хоча модель не може бути безпосередньо застосована до реальних проектів без усунення її обмежень, вона може допомогти визначити критичні параметри, які потребують подальшого вивчення.

Як зазначалося раніше, параметричний аналіз підкреслює важливість перевірки діаметра колони для досягнення задовільних результатів ущільнення. Попередні дослідження для майбутніх проектів можуть отримати користь від розрахунку та оцінки оптимального діаметра на основі конкретних умов на місці та властивостей розчину.

Окреслено дві методології для розрахунку: напіваналітичний метод і емпіричний підхід. Жоден метод не дає остаточної відповіді, але пропонує оцінки, які повинні бути перевірені за допомогою встановлених методів перевірки. У цьому дослідженні використовуються три тематичні дослідження для зворотного розрахунку діаметра на основі фактичних параметрів поля, таким чином оцінюючи ефективність двох методів розрахунку.

Напіваналітичний метод є комплексним, спираючись на параметри, які визначаються за допомогою ситового аналізу, що є рідкістю в Україні. Автори підкреслюють важливість точної оцінки цих параметрів для забезпечення надійних розрахунків. Цей метод передбачає наявність великих частинок ґрунту, що призводить до низьких швидкостей ерозії, що може призвести до надмірно великих розрахункових діаметрів, які змінюються з глибиною. Висновки показують, що такі великі діаметри можуть бути недійсними, коли кут тертя менше 38 градусів.

Цей метод також не враховує потенціал більших частинок протистояти ерозії, що свідчить про те, що хоча струменеве цементування можливо, механізми взаємодії виходять за рамки різання та ерозії та включають інфільтрацію. Отже, цей метод може бути непридатним для орних ґрунтів без адаптації оцінки для підвищення точності.

Навпаки, емпіричний метод використовує ефективність обробки та вимагає менше параметрів. Він оцінює об'єм цементного розчину на колону, тиск нагнітання та специфічні для ґрунту фактори. Цей метод дозволяє швидше оцінити діаметр, але він чутливий до ключових параметрів, таких як

співвідношення залишків цементного розчину до загального об'єму, яке часто є оцінкою.

Через ці проблеми емпіричний метод більше підходить для попередніх оцінок і повинен бути доповнений структурними вимірюваннями під час виробництва. Він забезпечив краще узгодження з проектними діаметрами, водночас занижуючи діаметр порівняно з напіваналітичним методом.

Ця неоднозначність ускладнює оцінку використаних методів розрахунку. Одним із факторів, що сприяє недооцінці діаметра, може бути виключення критичних параметрів, які впливають на конструкцію гравійних стовпів. Інфільтрація відіграє важливу роль у взаємодії струменя та ґрунту, і такі параметри, як швидкість обертання та швидкість підйому, є вирішальними, про що свідчать журнали моніторингу, які показують помітно нижчу швидкість обертання та підйому. Таким чином, емпіричний метод може забезпечити корисну початкову оцінку діаметрів колон, але він може занижувати фактичний діаметр, якщо процес струминного цементування виконується правильно.

Дослідження представляє три приклади використання проектного діаметра як середнього для моделювання, намагаючись перевірити ці діаметри. Однак перевірка залишається непідтвердженою, що викликає питання про те, чи були досягнуті проектні діаметри. Це відсутність підтвердження є суттєвим, оскільки діаметр колони є ключовим параметром, що впливає на загальну продуктивність. Крім того, дослідження вказує на те, що проектні діаметри дають результати, які не відповідають фактичним даним про діаметри, єдиного проекту з діаметрами, перевіреними в польових умовах. Це ілюструє обмеження покладатися виключно на методи розрахунку для прогнозування фактичних розмірів стовпців.

Порівняльне моделювання показує помітні відмінності, зокрема у випадкових змінних, що представляють нахил і положення, які мають нижчі значення через використання обсадної труби під час процесу струминного цементування. Отримані нормалізовані площі отворів суттєво відрізняються,

зі значеннями 0,25% для першого випадку і 0,09% для другого. Нормалізована площа дійсно повинна бути меншою при встановленні обсадної труби, гіпотеза, підтверджена результатами моделювання. Це потенційне вдосконалення може виправдати додаткові витрати, пов'язані з обсадною трубою, особливо при більш глибоких застосуваннях струминного цементування, оскільки помилки позиціонування впливають на збільшення нормалізованої площі з глибиною.

Для оцінки потоку води параметр є критичним, оскільки він впливає на остаточну інтерпретацію потоку води, особливо щодо витоків. Цей параметр змінюється залежно від сезону та залежить від властивостей ґрунту, що вимагає проведення вимірювань на конкретній ділянці для точної оцінки. Аналіз потоку води показує, що більш високі значення значно збільшують кінцеву швидкість потоку демонструючи значний вплив цього параметра на результати потоку.

Незважаючи на нормалізацію площ отворів, ця комбінація призвела до значного потоку води. Крім того, на розрахункову швидкість потоку впливають сезонні коливання тиску ґрунтових вод. Таким чином, при виконанні цементацийних виїмок у ґрунтах з високим вмістом вологи та рівнем ґрунтових вод існує підвищений ризик значних водних потоків, навіть якщо нормалізована площа виглядає малою.

Це дослідження спрямоване на оцінку моделі наголошуючи на необхідності точних вимірювань витрати води для оцінки моделей ущільнення під шпунтовими палями. Простого визнання того, що потік води перевищує очікування, недостатньо; важливе глибоке розуміння динаміки витоків. Складність багатоконпонентних систем ускладнює ідентифікацію компонентів, що витікають, оскільки зростання складності робить кількісну оцінку складною, незважаючи на якісні візуальні перевірки.

Виявлення витоків через шпунтові стіни легше, ніж через цементні завіси. У системах з нижньою заглушкою, яка складається лише з двох компонентів — шпунтової стінки та заливної заглушки — візуальний огляд

може бути більш простим. Змодельований потік води через пробку струменевого цементування оцінювався на рівні 6,75 кубічних метрів на день, що узгоджується з оцінками підрядника щодо загального притоку, які вказують на значне просочування через шпунтові стіни.

Поточні методи перевірки водних потоків є неадекватними. У той час як відкачування вхідної води є ефективним у невеликих розкопках, більші проекти стикаються з проблемами через поточне виробництво на місці та різноманітні заважаючі фактори. Попереднє буріння труб для ґрунтових вод може бути більш доцільним, але поточні розкопки все одно можуть призвести до значних потоків води, навіть якщо початкові випробування свідчать про герметичність конструкції.

Існуючі методи перевірки на герметичність оцінюють всю систему ущільнення, а не окремі компоненти. Хоча ці результати можуть попередити про потенційні правові проблеми або зменшити збої у виробництві, їх не слід вважати повністю надійними.

Було проведено значний дренаж за допомогою насосів, проте джерело води залишилося невідомим. Моделювання було зосереджено на багатокомпонентній системі, що діє як герметизуючий бар'єр, а не на ізоляції конкретних джерел. Моделювання виявило помітні відмінності в продуктивності завдяки обсадним трубам, які ефективно мінімізували помилки положення та нахилу. Використане струменево цементування включало лиття для зменшення ефекту тіні та подвійну рідинну систему, яка посилювала ерозію в мулистих і глинистих ґрунтах. Основним занепокоєнням є відсутність перевірки розрахункового діаметра, критичного параметра, який підрядник не підтвердив.

Позитивні особливості включали техніку штрихового малювання для забезпечення вирівнювання між проектним діаметром і відстанню. Однак оновлення операційної послідовності могло б усунути ефект тіні та час виробництва, оскільки використання однієї установки для струминного цементування збільшує час подорожі між шпурами. Хоча використання

подвійної рідинної системи покращує ефективність у глинистих шарах, це викликає проблеми з витратами, які можуть бути виправданими через глибину операцій.

Великі дослідження на іншій ділянці успішно підтвердили проектний діаметр шляхом прямого вимірювання та оцінки гідрофону, з відбором керна, що підтверджує перекриття зон між колонами. Ефективної герметизації було досягнуто за допомогою єдиної рідинної системи з низькою швидкістю обертання, що забезпечує достатнє проникнення серед більшого гравію під час розмивання піску.

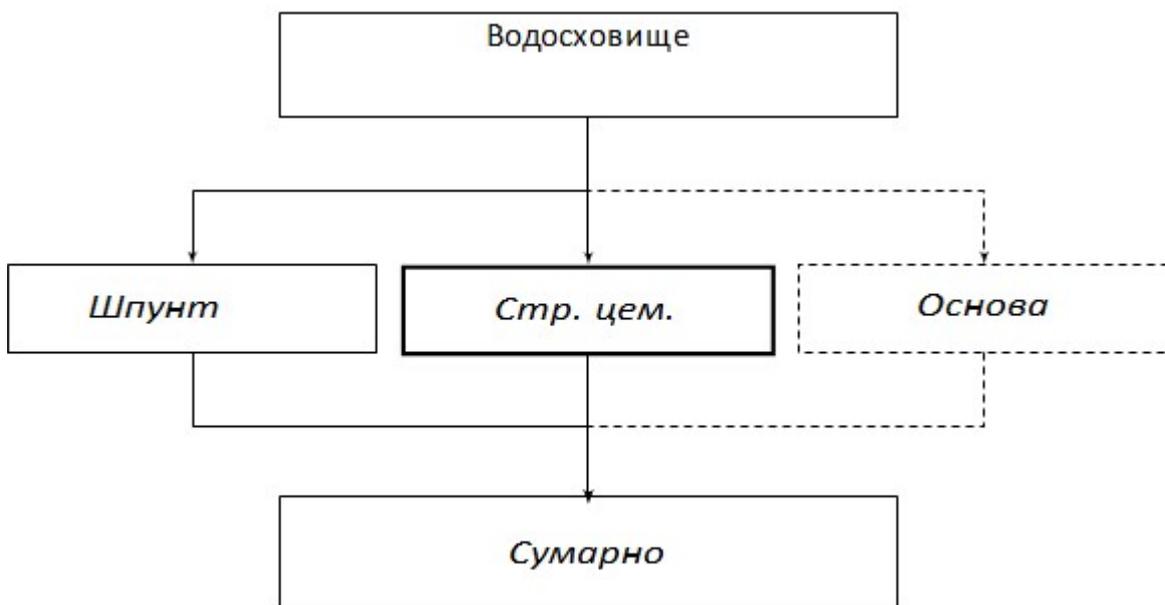


Рис. 1.9. Візуалізація системи герметизації

На герметичну здатність відсіку струминного розчину впливають численні фактори, і вона нерозривно пов'язана з ширшою системою, в якій він працює. Щоб проаналізувати це, було розроблено дві імовірнісні моделі для оцінки нормалізованої площі отвору, що дозволяє проводити параметричний аналіз. Хоча ці моделі мають властиві обмеження і не можуть пройти емпіричне тестування, вважається, що вони точно відображають критичні характеристики системи. Аналіз показує, що діаметр є найважливішим параметром, який впливає на потенційні отвори в цих структурах, про що свідчить його унікальний вплив як на стандартне відхилення, так і на середні значення.

Крім того, фактичний потік води значною мірою визначається властивостями ґрунту та його провідністю, що створює проблеми для кількісного визначення. Це дослідження не зосереджено на вимірюванні провідності, але надає оцінки на основі літературних джерел і попередніх тестів. Без прямих вимірювань електропровідності розраховані потоки води демонструють значну мінливість, що робить будь-які висновки спекулятивними.

Навіть із встановленою провідністю ґрунту додаткові джерела потоку води можуть вплинути на результати. Наприклад, якщо завіса неефективно зацементована або якщо цементний розчин проникає в критичні тріщини, вода може просочуватися через зони тріщин у породі. У конструкціях, у яких використовуються шпунтові палі та колони, цементовані струменем, може виникнути витік на межі розділу між цими компонентами, особливо якщо кам'яна основа нерівна, що потенційно може створювати ефект тіні.

Ця складність ілюструє те, що цементні струминні колони є частиною більш складної системи ущільнення, що ускладнює оцінку фактичних значень споживання води. Потік води може походити з різних джерел, не пов'язаних із розломами струменевого розчину, що наголошує на необхідності розпізнавання цих впливів. Під час випробувань насосів загальні фактори, такі як кількість опадів, можуть значно спотворити оцінки витрати води. Наприклад, у великій западині швидкість опадів 1 мм/год може призвести до накопичення води 21 м³/год. Крім того, вода може витікати з насиченого ґрунту в свердловинах під час початкових етапів буріння, для стікання якої потрібен час. Технічна вода з бурових установок, які використовуються для підтримки шпунтових стін, також може сприяти цій плутанині, але ці потоки не впливають на зовнішній рівень ґрунтових вод, що часто є причиною герметизації колодязів.

Як наголошувалося, встановлення прав на воду має важливе значення перед зміною умов ґрунтових вод, особливо у великих водоносних горизонтах, де інтенсивне відкачування може не призвести до помітних змін.

Крім того, відповідальність за будь-який негативний вплив може бути важко встановити. Тим не менш, ефективність герметизації тісно пов'язана із загальною системою герметизації, причому середній діаметр компонентів струменевого розчину через однакові проміжки часу є вирішальним.

Визначення оптимальної швидкості потоку води залишається складним і залежить від умов на місці, виконання струминного цементування та інших факторів. Однак імовірнісні моделі, розроблені тут, служать цінними інструментами для оцінки потенційних потоків у застосуваннях струминного цементування, представляючи геотехнічні ризики, які потребують ретельної оцінки. Згаданий шведський звіт описує різні методи управління геотехнічними ризиками та визнає імовірнісні моделі ефективними інструментами оцінки ризиків.

Висновок

Оцінка кінцевого діаметра при струменевому цементуванні є складною справою, і не існує універсального методу оцінки. Середній діаметр суттєво впливає на покриття та ефективність ущільнення, причому методи оцінки відрізняються залежно від типу ґрунту, що вказує на те, що кожен проект є унікальним. Для досягнення відповідних результатів необхідний ретельний аналіз на етапах проектування та будівництва, а також слід вибрати відповідні методи розрахунку. Під час виконання може знадобитися коригування, щоб підтвердити діаметр.

Методи значною мірою залежать від типу ґрунту. Хоча вони і показали прийнятну точність в обробі ґрунтів, аналітичний метод дав ненадійні результати через неадекватне врахування більших частинок. Це говорить про необхідність подальших випробувань на ґрунтах для підвищення надійності обох методів і техніки струминного цементування.

Використання обсадних труб у струминному цементуванні може підвищити герметичність шляхом зменшення помилок позиціонування, але може збільшити витрати, особливо на великих глибинах. Вибіркове використання обсадних труб може допомогти зменшити витрати.

Розроблені моделі не перевірені через недостатню кількість проектних даних і складність систем ущільнення, що підкреслює потребу в подальших практичних дослідженнях. Тим не менш, критичні параметри, визначені в аналізі, повинні мати пріоритет у проектах струминного цементування.

На завершення наголошується, що поточні методи розрахунку середнього діаметра не є надійними для ґрунтових умов, тому випробування на місці є важливими. Обсадні труби можуть зменшити нормовану площу свердловини, і їх вартість слід оцінювати в кожному конкретному випадку. Аналіз визначає ключові параметри, що впливають на площу отвору, які слід враховувати при застосуванні струминного цементування. Імовірнісні моделі можуть вказувати на потенційний потік води за умови наявності надійних значень гідравлічної провідності. Необхідно звернути увагу на критичні фактори, щоб забезпечити життєздатність струминного цементування для ущільнення виїмок шпунтових паль.

РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

2.1. Ситуаційний план



Рис. 2.1. Ситуаційний план

Будівлю розташовано на перетині вулиць Космонавтів та Кульбаки в місті Глухів Сумської області, Україна. Будівельний майданчик буде огорожено, як показано на ситуаційному плані. Для потреб будівництва доступні міські комунікації. Будівельні матеріали, техніку та інструменти буде доставлено до майданчика вантажівками з залізничних станцій та місцевих складів.

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Розміри будівлі складають 47,2 на 23,2 метра, а висота 31.25 метра. Кожен поверх має однакову висоту 2,68 метрів. Споруда зведена безкаркасним способом з опорою на цегляні несучі стіни. Ці стіни, виготовлені з суцільної кладки, підтримують всю будівлю, забезпечуючи міцність конструкції та теплову масу для енергоефективності. Стіни також забезпечують звукоізоляцію завдяки щільності цегляного матеріалу.

Перекрыття між собою розділені пустотними залізобетонними плитами товщиною 220 міліметрів. Ці плити попередньо напружені та армовані сталлю, що забезпечує високу несучу здатність і довговічність. Порожні сердечники зменшують вагу та підвищують тепло- та звукоізоляцію, сприяючи загальним характеристикам будівлі.

Таблиця 2.1. Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
1	Споживальня	12.3	
2	Вітальня	20.3	
3	Кухня	10.2	
4	Вітальня-спочивальня	24,8	
5	Сан вузол	1.5	
6	Ванна	2.8	
7	Балкон	7.5	
8	Балкон	8.1	
9	Лоджія	4.5	
10	Лоджія	4.5	
11	Кухня	14.0	
12	Кладова	7.5	
13	Хол	12.6	
14	Вестибюль	20.1	
15	Калясочна-велосипедна	19.6	
16	Електрощитова	11.7	
17	Ліфтовий хол	20.8	
18	Вітальня	20.0	
19	Споживальня	11.6	
20	Споживальня	12.4	
21	Споживальня	11.5	
22	Вітальня	14.4	

Будівля має два входи, передній і задній, по чотири квартири на кожному поверсі. Кожна квартира має оптимальне планування простору, природне освітлення та вентиляцію, завдяки великим вікнам, розміщеним у зовнішніх стінах.

На першому поверсі є спеціальна зона для зберігання колясок і велосипедів, яка забезпечує безпечне, організоване зберігання для мешканців, розташована біля входу для легкого доступу. Коридор на першому поверсі з'єднує різні функціональні зони, забезпечуючи плавність руху та доступність.

Електрична система централізована в електрощитовій, спеціальному приміщенні, де розміщені розподільні щити та пристрої безпеки. Ця система розроблена відповідно до вимог до електрики будівлі, забезпечуючи безпечну та надійну роботу. Приміщення обладнане вогнестійкими матеріалами та вентиляцією для безпеки.

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти та основи

Будівля використовує пальові фундаменти, які передають навантаження глибоко в стійкі шари ґрунту. Ці палі виготовляються із залізобетону з міцністю на стиск близько 40 МПа, що забезпечує як довговічність, так і високу несучу здатність. Палі мають циліндричну форму з діаметром від 0.4 метра і забиваються на глибину від 10 до 15 метрів, залежно від ґрунтових умов. Сталеві арматурні стрижні виготовлені з високоміцної сталі з межею текучості 500 МПа, вбудовані в бетонні палі, щоб протистояти силам розтягування та згинання, які можуть виникнути внаслідок руху ґрунту або нерівномірного розподілу навантаження.

Навантаження від будівлі передається на ці палі через монолітний залізобетонний ростверк. Ця конструкція будується на місці, товщина якої становить 0,5. Бетон, який використовується в ростверку, має міцність на стиск від 40 до 50 МПа, армований сталевим арматурним каркасом (із діаметром прутків від 16 до 32 міліметрів), що підвищує міцність конструкції на розрив. Конструкція ростверку рівномірно розподіляє навантаження між кількома палями, забезпечуючи стійкість будівлі та запобігаючи локальному перенапруженню. Конструкція решітки також враховує бічні сили, такі як

сили вітру чи сейсмічної активності, щоб забезпечити повну підтримку будівельної конструкції.

На етапі реконструкції пошкоджені ділянки фундаменту будуть зміцнені за допомогою струминного цементування. Ця технологія передбачає введення цементного розчину під високим тиском у ґрунт навколо фундаменту. Суспензію, суміш цементу (з типовим вмістом цементу від 300 до 600 кілограмів на кубічний метр суспензії), води та добавок, таких як бентоніт, видавлюють у землю під тиском від 40 до 60 МПа. Струмені високого тиску розбивають навколишній ґрунт, утворюючи суміш цементу та ґрунту, яка утворює затверділий стовп. Ці колони мають діаметр від 0,6 до 1,5 метрів і можуть простягатися на глибину від 10 до 20 метрів, залежно від ступеня пошкодження фундаменту та стану ґрунту.

Новоутворені стовпи ґрунту, стабілізованого цементом, мають підвищену міцність на стиск від 8 до 10 МПа, що значно вище, ніж вихідний ґрунт. Це забезпечує додаткову несучу здатність і стійкість фундаменту, запобігаючи подальшому осіданню або деформації. Струменеві цементаційні колони стратегічно розміщені навколо пошкоджених ділянок фундаменту, утворюючи зміцнену матрицю, яка підвищує як вертикальну несучу здатність, так і стійкість до бічних рухів ґрунту. Підвищена жорсткість цементно-ґрунтової суміші також допомагає запобігти проникненню води, підвищуючи стійкість фундаменту до пошкоджень, пов'язаних з вологою.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Стіни будівлі побудовані з цегляної кладки, зовнішні та внутрішні несучі стіни мають однакову товщину 640 міліметрів. Ці стіни складаються з масивної цегли з високою міцністю на стиск, що забезпечує значну цілісність конструкції та підтримку. Перегородки всередині будівлі мають товщину 250 міліметрів і служать для поділу внутрішніх приміщень, не несучи конструктивних навантажень.

Під час реконструкції потріскані ділянки стін пройдуть ретельний процес реставрації, щоб відновити міцність конструкції та запобігти

подальшому руйнуванню. Метод передбачає спочатку визначення ступеня розтріскування та видалення будь-якої ослабленої або зношеної цегляної кладки. Потім пошкоджену ділянку готують шляхом ретельного очищення навколишніх поверхонь, щоб забезпечити належне зчеплення нових матеріалів.

Під час реставрації використовуватимуться сумісні матеріали, які відповідають оригінальній цегляній кладці. Нова цегла матиме міцність на стиск щонайменше 15 МПа, подібну до існуючої цегли, щоб забезпечити постійну несучу здатність. Нові цеглини будуть викладені в послідовному порядку для зчеплення з існуючою кладкою, забезпечуючи безперервність конструкції.

Для реставрації використовується цементно-вапняний розчин, змішаний у співвідношенні 1 частина цементу, 1 частина вапна та 6 частин піску. Цей розчин має міцність на стиск приблизно 6 МПа, що забезпечує достатню міцність зв'язування, дозволяючи незначні рухи без розтріскування. Розчин також міститиме добавки для покращення водостійкості та придатності до обробки, забезпечуючи стійкість відновлених секцій до проникнення вологи.

Після того, як буде встановлено нову цеглу, розчинові шви будуть оброблені таким чином, щоб відповідати оригінальному профілю швів, забезпечуючи незмінний естетичний вигляд. Після цього стіну буде зміцнено за допомогою гвинтових анкерів з нержавіючої сталі, вбудованих як у нову, так і в стару цегляну кладку через рівні проміжки. Ці зв'язки створюють додаткову бічну опору, рівномірно розподіляючи навантаження та запобігаючи утворенню тріщин уздовж відремонтованих ділянок. Анкери мають міцність на розрив 500 МПа, що забезпечує міцне з'єднання між старими та новими ділянками стіни.

Нарешті, поверхня відновленої стіни буде покрита дихаючим, водостійким герметиком. Це покриття захистить цегляну кладку від проникнення вологи, дозволяючи будь-якому захопленому випару вийти,

зберігаючи цілісність стіни та запобігаючи майбутнім пошкодженням. Герметик матиме високий рівень стійкості до ультрафіолетового випромінювання та довговічності, забезпечуючи тривалий захист від впливу навколишнього середовища.

Покрівля

Покрівля будівлі плоска і підлягає повній заміні в рамках реконструкції. Пошкоджені плити та старі покрівельні матеріали спочатку ретельно знімуть. Процес видалення передбачає розрізання та підйом пошкоджених залізобетонних плит за допомогою спеціального обладнання, щоб запобігти подальшому пошкодженню навколишніх конструкцій. Ці плити, які раніше забезпечували несучу конструкцію даху, будуть замінені на нові пустотні залізобетонні плити.

Нові залізобетонні плити мають товщину 220 міліметрів, ідентичні оригінальним. Кожна плита зміцнена високоміцними сталевими прутками виготовленими зі сталі з міцністю на розрив 500 МПа, вбудованими в бетон. Бетон, який використовується в плитах, має міцність на стиск від 30 до 40 МПа, що гарантує, що плити достатньо міцні, щоб витримувати як статичні, так і динамічні навантаження від будівлі та зовнішні фактори, такі як накопичення снігу та тиск вітру. Пустотілі плити зменшують загальну вагу дахової конструкції, одночасно забезпечуючи додаткову тепло- та звукоізоляцію.

Після того, як нові плити будуть встановлені та надійно закріплені, покрівля буде знову змонтована. Першим шаром, що наноситься на плити, буде пароізоляція з бітумно-полімерних мембран товщиною 2 міліметри. Цей бар'єр запобігає проникненню вологи вгору з внутрішньої частини будівлі та впливу на структурні компоненти даху.

Поверх пароізоляції буде встановлено шар теплоізоляції для підвищення енергоефективності будівлі. Ізоляційний матеріал складатиметься з жорстких плит екструдованого полістиролу товщиною 100 міліметрів. Його обрано через його високу міцність на стиск (приблизно від

250 до 500 кПа), низьку теплопровідність (приблизно 0,033 Вт/м·К) і стійкість до поглинання вологи, що забезпечує належний тепловий захист покрівлі від зовнішніх температурних коливань.

Після утеплення на дах накладається гідроізоляційний шар, який захистить дах від дощу та вологи. Гідроізоляція буде складатися з полівінілхлоридної мембрани товщиною 1,5 міліметра. Мембрана має високу міцність, стійкість до ультрафіолетового випромінювання та здатна витримувати низькі температури до -25°C. Він повністю приклеєний до шару ізоляції та зварений на швах за допомогою гарячого повітря для забезпечення суцільної, герметичної поверхні.

Таблиця 2.2. Структура покрівлі

Матеріал	Товщина	Основні характеристики
Залізобетонні плити	220 мм	Армовані сталевими стрижнями з межею міцності 500 МПа, бетон з міцністю на стиск 30-40 МПа. Мають порожнини для зниження ваги та покращення теплоізоляції.
Пароізоляційний шар	2 мм	Використовуються бітумно-полімерні мембрани або поліетиленова плівка. Захищає покрівлю від вологи зсередини будівлі.
Теплоізоляція (XPS)	100 мм	Екструдований пінополістирол з низькою теплопровідністю (0,033 Вт/м·К), стійкий до вологи, має високу міцність на стиск (250-500 кПа).
Гідроізоляційна мембрана	1,5 мм	ПВХ-мембрана, стійка до ультрафіолету та низьких температур (до -25°C). Герметично зварюється на стиках гарячим повітрям.
Захисне покриття (баласт)	-	Може бути виконане з баласту або тротуарних плит для механічного захисту гідроізоляційного шару і закріплення системи.

Вікна та двері

В рамках реконструкції будівлі буде замінено всі старі вікна та двері в квартирах та влаштовано новий головний вхід до споруди.

Таблиця 2.3. Специфікація віконних отворів

Елемент	Розміри (м)	Кількість стулок	Матеріал	Характеристики	Додаткова інформація
Вікна 1.5 x 1.2	1.5 x 1.2	2	ПВХ з двокамерним склопакетом	Стойкі до ультрафіолетового випромінювання, знижена теплопровідність, коефіцієнт теплопередачі $U = 1.1$ Вт/м ² ·К. Склопакет з аргонном для підвищеної теплоізоляції.	Додаткові елементи: пластикові підвіконня, водовідведення, монтажна піна.
Вікна 1.5 x 2.4	1.5 x 2.4	3	ПВХ з двокамерним склопакетом	Підвищена енергоефективність, зручна система відкривання для вентиляції, шумопоглинання до 32 дБ. Водонепроникна конструкція та стійкість до корозії.	Включає захисні решітки, що запобігають несанкціонованому доступу.

Таблиця 2.4. Специфікація дверних отворів

Елемент	Розміри (м)	Кількість стулок	Матеріал	Характеристики	Додаткова інформація
Міжкімнатні двері	2.0 x 1.2	1	МДФ з покриттям екошпоном	Стойкі до механічних пошкоджень, вологостійкі, звукоізоляція до 20 дБ. Двері мають ламіновану поверхню, що легко чиститься і не вимагає спеціального догляду.	Включають сучасні замки з високим ступенем безпеки та естетичні ручки з нержавіючої сталі.
Вхідні двері	2.0 x 2.4	2	Сталь з утепленням	Подвійні, з теплоізоляційним наповнювачем, коефіцієнт теплопередачі $U = 1.3$ Вт/м ² ·К. Висока зламостійкість, стійкість до вандалізму.	Оснащені двома замками та броньованими петлями, забезпечують високий рівень безпеки та теплоізоляції.

Покриття підлог

Під час реконструкції будівлі було проведено комплексний ремонт підлоги у під'їзді з метою підвищення як функціональності, так і естетики. Обраним матеріалом для підлоги була плитка з керамограніту, обрана через її довговічність, водонепроникність і легкість у догляді. Розміри плитки були 600 на 600 міліметрів, а товщина – 10 міліметрів. Світло-сірий колір з матовим покриттям був обраний для створення затишного та сучасного вигляду в під'їзді.

Першим кроком у процесі ремонту підлоги була підготовка основи. Було проведено ретельну оцінку, щоб виявити будь-які пошкодження, приділяючи особливу увагу ослабленим або тріснутим матеріалам, які потребували видалення. Після цієї оцінки на основу підлоги було нанесено самовирівнювальну суміш для створення гладкої та рівної поверхні, що забезпечує оптимальне зчеплення нової плитки.

Після того, як основа підлоги була належним чином підготовлена, почалося укладання плитки з керамограніту. Високоєфективний тонкотвердий розчин був нанесений на основу підлоги за допомогою зубчастого шпателя, що сприяло міцній адгезії. Потім плитки були акуратно розміщені в шаховому порядку, техніка, вибрана для підвищення як естетичної привабливості, так і стабільності конструкції. Щоб підтримувати постійну ширину шва, під час монтажу використовувалися розпірки. Для ділянок, які вимагали коригування, плитку було точно розрізано плиткорізом, щоб бездоганно підходити до країв і кріплень.

Після завершення укладання плитки наступним етапом була затирка швів між плитками. Для заповнення швів використовувалася високоякісна затирка, обрана за її водостійкістю та стійкістю до плям. Цей вибір мав вирішальне значення для підвищення загальної довговічності підлогового покриття. Після того як розчин схопився, на лінії цементування нанесли проникаючий герметик. Цей герметик діяв як захисний бар'єр, запобігаючи

проникненню вологи та утворенню плям, таким чином подовжуючи термін служби підлогового покриття.

Нарешті, було проведено комплексний огляд готової підлоги, щоб переконатися, що всі плитки надійно приклеєні, шви належним чином заповнені, а поверхня рівна та візуально приваблива. Ретельне виконання цього процесу ремонту не тільки покращило естетичну якість під'їзду, але й забезпечило, що підлогове покриття може витримувати вимоги великої кількості людей і різноманітних умов навколишнього середовища.

Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Фасад будівлі піддається комплексному утепленню та фарбуванню, спрямованому на підвищення теплоефективності, покращення естетичної привабливості та захисту конструкції від впливу навколишнього середовища. Ізоляція буде накладена за допомогою зовнішньої теплоізоляційної композитної системи, яка включає кілька шарів, включаючи ізоляційний шар, клей, армування та фінішне покриття.

Для утеплення будуть використовуватися плити пінополістиролу товщиною 100 міліметрів завдяки їх чудовій термостійкості та легким властивостям. Він має теплопровідність приблизно 0,038 Вт/м·К, що значно зменшує втрати тепла через фасад. Високоєфективний клей буде використовуватися для надійного кріплення ізоляційних плит до зовнішніх стін, забезпечуючи міцне з'єднання та довготривалу стабільність системи утеплення.

Далі скловолокниста сітка буде вбудована в шар полімермодифікованого розчину поверх ізоляційних плит. Це армування має вирішальне значення для підвищення механічної міцності фасаду та запобігання утворенню тріщин. Останній шар складатиметься з мінеральної штукатурки на силіконовій основі, що забезпечує стійкість до погодних умов і візуально привабливу текстуру. Цей фінішний шар розроблений таким чином, щоб бути водовідштовхувальним, одночасно дозволяючи дифузію пари, що допомагає підтримувати цілісність ізоляції.

Після застигання утеплювача та армування фасад буде пофарбований високоякісною, стійкою до погодних умов акриловою фарбою. Формула цієї фарби буде стійка до вицвітання, розтріскування та відшарування, гарантуючи, що фасад з часом збереже свій естетичний вигляд. Фарба, доступна в різних кольорах, дозволить налаштувати її відповідно до архітектурного стилю будівлі, віддаючи перевагу нейтральним або світлим кольорам для покращення відбивної здатності та енергоефективності.

Фарба наноситься розпилювачем, щоб забезпечити рівномірний шар і відповідне покриття, з нанесенням мінімум двох шарів для досягнення оптимального захисту та зовнішнього вигляду. Крім того, вибрана фарба буде містити низький вміст летючих органічних сполук, що сприятиме кращій якості повітря в приміщенні та мінімізуватиме вплив на навколишнє середовище.

Основним матеріалом для ремонту стін і стелі стане гіпсова штукатурка. Ця готова штукатурка складається в основному з гіпсу, що забезпечує високу адгезію до цегли та бетону. Він має міцність на стиск від 6 до 8 МПа, вогнестійкий (клас А) і забезпечує звукоізоляцію. Нанесення передбачає нанесення шарів, кожен шар застигає протягом 24 годин.

Для фінішної обробки швів щойно встановлених гіпсокартонних плит буде використовуватися фугова суміш, попередньо змішаний продукт, що містить гіпсовий пил і полімери. Забезпечує чудову адгезію та довговічність із типовим часом висихання 24 години.

Для остаточного покриття буде нанесено високоякісну акрилову фарбу з низьким вмістом ЛОС. Ця фарба містить 30-50% акрилової смоли, її можна мити та має час висихання приблизно 1 годину, зберігаючи свій зовнішній вигляд протягом тривалого часу.

У сходових клітках і шахтах ліфтів буде вибрано керамічну плитку за її стійкість до ковзання та довговічність, з рейтингом PEI 4. Ці плитки стійкі до вологи та плям і будуть встановлені на сходах і майданчиках за допомогою полімер-модифікованої затирки. для водонепроникної обробки.

Декоративні стінові панелі з ламінату додадуть естетики. Ламінатні панелі мають серцевину з ДВП високої щільності, що забезпечує стійкість до подряпин і довговічність.

Будуть встановлені енергоефективні світлодіодні освітлювальні прилади, які споживають 15 Вт і мають термін служби понад 20 000 годин. Опції включатимуть світлодіодні стрічки або вбудоване освітлення, яке можна налаштувати відповідно до атмосфери.

Поручні з полірованої нержавіючої сталі забезпечать безпеку та підтримку. Завдяки межі текучості близько 240 МПа нержавіюча сталь є міцною та стійкою до корозії.

Нарешті, для покращення якості звуку будуть використані акустичні панелі зі скловолокна високої щільності. Ці панелі мають коефіцієнт шумозаглушення NRC 0,85, вони ефективно поглинаючи звук і покращуючи естетичність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
2. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. -К: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
3. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
4. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
5. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).
6. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
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. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
10. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
11. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.

13. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
14. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи
15. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
16. 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).
17. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
18. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
19. 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).
20. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.