

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

на тему: «Інноваційні технології горизонтального армування ґрунтів і
основ фундаментів жорсткими елементами»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пцб-1
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»

освітньої програми «Промислове і цивільне
будівництво»

Новаковський М.Ю.

Керівник к.т.н. Шокарев Є.О.

Рецензент к.т.н. Самченко Р.В.

Запоріжжя
2023 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра _____ Промислового та цивільного будівництва _____

Рівень вищої освіти _____ другий магістерський рівень _____

Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» _____
(шифр та назва)

Освітньо-професійна програма _____ «Промислове і цивільне будівництво» _____
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦ
_____ проф. Арутюнян

« _____ » _____ 202

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Новаковський Максим Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи _____ Інноваційні технології горизонтального мування ґрунтів і основ фундаментів жорсткими елементами

Керівник роботи _____ Шокарев Олександр Семенович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)



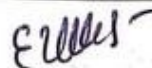

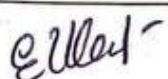



затверджені наказом ЗНУ від 09. 10 2023 року №1578-с

2. Строк подання студентом магістерської роботи _____ 24.11.2023

3. Вихідні дані магістерської роботи _____ Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблем, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання, об'єкт досліджень, предмет досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати) _____ Розділ 1. Аналіз технологій укріплення ґрунтів при підсиленні споруд, Розділ 2. Методика розробок та досліджень бурозмішувальних технологій, Розділ 3. Удосконалення технології горизонтального бурозмішування ґрунтів, Розділ 4. Тематика наукової роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	з: п
Розділ 1	Шокарев Є.О., В.О. с.н.с ЗВ ДНДІБК		
Розділ 2	Шокарев Є.О., В.О. с.н.с ЗВ ДНДІБК		
Розділ 3	Шокарев Є.О., В.О. с.н.с ЗВ ДНДІБК		
Розділ 4	Шокарев Є.О., В.О. с.н.с ЗВ ДНДІБК		

Дата видачі завдання 19.05.2023 р.

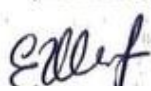
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ОСНОВ СПОРУД ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9 вересня
2	ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ, МЕТОДИКА РОЗРОБОК ТА ДОСЛІДЖЕНЬ	12 жовтня
3	УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРОЗМІШУВАЛЬНОГО АРМУВАННЯ ГРУНТІВ ОСНОВ СПОРУД ТА ЇЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	25 жовтня
4	ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇЇ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ	20 листопада

Студент
(підпис)
(ініціали та прізвище)

М.Ю. Новаковський

Керівник роботи



Є.О. Шокарев

АНОТАЦІЯ

Новаковський М.Ю. Інноваційні технології горизонтального армування ґрунтів і основ фундаментів жорсткими елементами.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Р.В. Самченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

В магістерській роботі відзначається, що на даний час в Україні капітальне будівництво звелось до мінімальних обсягів, натомість з кожним роком збільшується кількість деформованих будівель, деформації яких необхідно терміново усувати або стабілізувати з метою попередження їх подальшого розвитку. В більшості випадків деформації будівель відбуваються внаслідок нерівномірних осідань фундаментів через погіршення властивостей ґрунтів основ в процесі експлуатації або їх неякісна підготовка при будівництві.

Аналізом науково-технічних інформаційних джерел встановлено, що найбільш раціональним шляхом відновлення експлуатаційної спроможності деформованих будівель є підсилення основ фундаментів укріпленням ґрунтів їх армування. Окрім того встановлено, що найбільш ефективною технологією армування основ діючих будівель є горизонтальне армування бурозмішувальним методом. Сутність бурозмішувального методу укріплення ґрунтів полягає в тому, що спеціальним пристроєм – бурозмішувачем руйнують структуру ґрунту, подрібнюють зруйнований ґрунт, просочують подрібнений ґрунт водоцементним розчином та перемішують ґрунтоцементну суміш. Внаслідок процесів твердіння утворюється ґрунтоцементний армоелемент високої міцності та жорсткості, який не розмокає у воді, а навпаки – у вологому середовищі ці характеристики підвищуються у часі.

Ключові слова: горизонтальне армування ґрунтів, бурозмішувач, бурозмішувальна технологія, ґрунтоцементний армоелемент.

Список публікацій магістранта:

Новаковський М.Ю., Самченко Р.В. Іноваційні технології горизонтального армування ґрунтів і основ фундаментів жорсткими елементами. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (17-20 жовтня 2023 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, 2023.

ABSTRACT

Novakovsky M.Y Innovative technologies of horizontal reinforcement of soils and bases of foundations with rigid elements.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor R.V. Samchenko. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

In the master's work it is noted that at present in Ukraine capital construction is reduced to the minimum volume, instead, every year, the number of deformed buildings, the deformation of which must be urgently eliminated or stabilized in order to prevent their further development. In most cases, deformation of buildings occurs due to uneven deposition of foundations due to deterioration of the soil properties of the bases during operation or their poor-quality preparation during construction.

The analysis of scientific and technical information sources has established that the most rational way of restoring the operational capacity of deformed buildings is to strengthen the foundations of foundations for strengthening the soils of their reinforcement. In addition, it has been established that the most effective technology of

reinforcing the bases of existing buildings is horizontal reinforcement by the mixing method. The essence of the mixing method of strengthening the soil is that the special device - the mixer destroys the structure of the soil, crushed the destroyed soil, impregnate the crushed ground with a water-cement solution and mix the soil cement mixture. As a result of solidification processes, a high-strength and hardness cementitious antimony, which does not soak in water, is formed, and on the contrary - in a humid environment, these characteristics increase in time.

Keywords: HORIZONTAL SOIL SUSPENSION, BURROID MIXER, BURROW MECHANICAL TECHNOLOGY, GROUND-CEMENT ARMOELEMENT.

List of publications of the master's student:

Novakovskiy M.Yu., Samchenko R.V. Innovative technologies of horizontal reinforcement of soils and foundation bases with rigid elements. Materials of the III All-Ukrainian scientific and practical conference with the participation of young scientists "Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine" (October 17-20, 2023, Zaporizhzhia). Zaporizhzhia: INNI named after Yu.M. Potebni ZNU, 2023.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ОСНОВ СПОРУД ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
1.1. Короткий огляд методів поліпшення властивостей ґрунтів основи.....	11
1.2. Підсилення основ фундаментів армуванням ґрунтів.....	18
1.3. Підсилення основ за напрямками армування.....	21
1.4. Загальні уявлення про бурозмішувальну технологію.....	24
1.5. Підсилення основ армуванням ґрунтоцементними елементами.....	25
1.5.1. Технологія армування ґрунтів ґрунтоцементними елементами у горизонтальному напрямку.....	28
1.5.2. Аналіз існуючої технології горизонтального армування ґрунтів по бурозмішувальному методу	30
2 ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ, МЕТОДИКА РОЗРОБОК ТА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
2.1. Обґрунтування необхідності розробки горизонтальної технології укріплення ґрунтів	36
2.2. Визначення напрямку розробок та досліджень.....	39
2.3. Методика вирішення окремих задач.....	40
2.3.1. Стабілізація деформацій основ фундаментів.....	40
2.3.2. Удосконалення існуючого технологічного обладнання	41
2.3.3. Методика визначення складових ґрунтоцементної суміші.....	42
2.3.4. Методика контролю якості утворених горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів.....	48
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРОЗМІШУВАЛЬНОГО АРМУВАННЯ ГРУНТІВ ОСНОВ СПОРУД ТА ЇЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	51
3.1. Станок горизонтального армування ґрунтів.....	51

	8
3.2. Експериментальні дослідження технологічних процесів.....	58
3.2.1. Дослідження параметрів руху горизонтального станка.....	59
3.2.2. Дослідження технології руйнування ґрунту.....	60
3.3. Експериментальні дослідження процесу формування ґрунтоцементних армоелементів.....	63
3.3.1. Технологія формування експериментальних горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів.....	63
3.3.2. Контроль якості утворених експериментальних армоелементів.....	67
3.3.3. Дослідження ізотропності ґрунтоцементу.....	68
3.4. Технологія відновлення деформованих будівель та об'єктів реконструкції в стиснених умовах.....	70
4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇЇ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ.....	77
4.1. Сфера застосування горизонтального армування ґрунтів ґрунтоцементними армоелементами.....	77
4.2. Рекомендації по вибору та застосуванню раціональних технологічних рішень горизонтального армування ґрунтів.....	79
4.5. Техніко-економічна ефективність удосконаленої технології.....	100
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110
ДОДАТКИ	
Додаток А. Кошторисні розрахунки.....	125

ВСТУП

Зміст наукової задачі. Основна мета полягає в підвищенні результативності усилень фундаментів при відновленні деформованих будівель та реконструкції будівельних об'єктів за допомогою впровадження технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів з використанням новітніх конструктивно-технологічних рішень.

Актуальність проблеми. Сучасний стан будівельної сфери в Україні характеризується серйозними труднощами. Капітальне будівництво зведено до мінімуму, однак річницями збільшується кількість деформованих будівель і споруд через нерівномірні деформації фундаментів, спричинені негативним впливом техногенних чинників на властивості ґрунтів. Ця проблема вимагає ефективних технологій для стабілізації деформацій. Термінове усунення деформацій будівель є обов'язковим для запобігання подальшого руйнування конструкцій. Крім того, перед Україною стоїть велика задача щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій, побудованих у 50-60-х роках минулого століття, що викликано додатковими навантаженнями на основи, які потребують посилення. Таким чином, питання збереження та підтримки будівельного фонду повинно стати пріоритетом національної державної політики. Ці завдання виправдовуються необхідністю розробки інноваційних технологій та технічного обладнання для відновлення деформованих будівель та реконструкції об'єктів. Покращена технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів підсилення основ дозволяє відновлювати пошкоджені будівлі без евакуації мешканців на час відновлювальних робіт, що особливо важливо в умовах недостатнього житла для переселення та психологічного дискомфорту людей від переїзду. Основою для цієї технології є бурозмішувальний метод укріплення ґрунтів, що гарантує високий результат при низьких витратах матеріалів, енергії та машинних ресурсів. З використанням лише 15-25% цементу під час підсилення фундаментів деформованих будівель, інших 75-85% складається з того ж самого ґрунту, який піддається

укріпленню. Це забезпечує високу міцність та жорсткість армоелементів, що не втрачають свої властивості у воді. Технологія гарантує підсилення основ деформованих будівель при високій вологості ґрунтів, включаючи обводнені умови.

Мета та завдання дослідження. Головною метою даної роботи є вдосконалення технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів з метою підвищення ефективності у підсиленні основ фундаментів деформованих будівель і споруд під час відновлення їхньої експлуатаційної спроможності та реконструкції об'єктів.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних завдань:

-Провести докладний аналіз наукових та технічних джерел, що стосуються стану технологій укріплення ґрунтів основ будівель і споруд. Визначити науково-технічний рівень розвитку горизонтального укріплення ґрунтів бурозмішувальним методом.

- Встановити необхідність та ефективність застосування технології підсилення основ через горизонтальне армування ґрунтів за допомогою бурозмішування.

- Провести дослідження впливу технологічних факторів на процес укріплення ґрунтів основ горизонтальним бурозмішувальним армуванням.

- Розробити технологічну карту, що містить всі необхідні відомості для виконавців, зокрема з урахуванням нових технологічних процесів горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів.

- Оцінити техніко-економічну ефективність застосування технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів порівняно з іншими методами армування основ фундаментів.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів, спрямовані на підвищення ефективності у підсиленні основ фундаментів деформованих будівель і споруд, а також при реконструкції об'єктів.

Предмет дослідження – технологічні параметри процесу армування ґрунтів під час підсилення основ деформованих будівель, споруд, а також при реконструкції об'єктів.

Методи дослідження включають аналітичний метод для обробки інформації, а саме для вивчення існуючих технологій підсилення основ споруд. Також використовується метод проведення натурних експериментів для контролю процесу влаштування та формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів. Експериментальні дослідження застосовуються для визначення впливу технологічних факторів на процес укріплення ґрунтів. Лабораторні дослідження використовуються для визначення механічних характеристик ґрунтоцементу.

Державні будівельні норми України, періодичні видання, збірники наукових праць, монографії та публікації вітчизняних та зарубіжних вчених є теоретичною та методологічною базою для проведення досліджень.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ОСНОВ СПОРУД ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Короткий огляд методів поліпшення властивостей ґрунтів основи

Існує альтернатива різним видам паливових фундаментів для будівель - штучні основи, частіше з поліпшенням властивостей ґрунтів[1]. Технічна меліорація займається поліпшенням властивостей ґрунтів у будівництві. Потреба у технічній меліорації ґрунтів виникає через широке поширення структурно-нестійких ґрунтів та серйозні проблеми під час будівництва та експлуатації на таких ґрунтах[2]. Створені труднощі при будівництві та експлуатації будівель і споруд на слабких ґрунтах заохочують пошук більш надійних, технологічних і економічних рішень. Одним із таких рішень є підсилення товщі слабого ґрунту різними методами, такими як ущільнення, армування, ін'єктування, термічне, електрохімічне оброблювання тощо, з подальшим створенням штучних фундаментів [3].

Отже, в геотехніці існує ряд методів підсилення товщі слабких та структурно-нестійких ґрунтів, які неперервно вдосконалюються[4]. Найпоширеніші методи поліпшення властивостей слабких ґрунтів включають:

Ущільнення ґрунтів. Ущільнення ґрунтів може бути розділене на дві основні категорії: поверхневе та глибинне. Поверхневе ущільнення глинистих та пісчаних ґрунтів зазвичай виконують за допомогою трамбування та укочування, досягаючи щільності, яка гарантує необхідну міцність та деформативність структури ґрунту. Цей метод часто використовується для підготовки штучних основ в різних типах ґрунту, включаючи просадочні. Залежно від потужності та схеми просадочності ґрунтів, поверхневе ущільнення може варіюватися. У випадках, коли просадочні ґрунти мають значну глибину, поверхневе ущільнення застосовується для формування суцільного маловодопроникного екрану у вигляді ущільненої ґрунтової подушки. Це запобігає інтенсивному замочуванню нижніх шарів просадочної товщі [5]. Усунення про-

садочних властивостей ґрунтів на всю їх товщу є складним завданням як з технічної, так і економічної точок зору.

Фізико-механічні характеристики та структура ґрунтів суттєво впливають на ефективність ущільнення. При зниженні вологості нижче оптимальної, потрібна значна енергія для руйнування та формування нової структури [6]. Тому контроль вологості та зволоження ґрунтів є важливими при поверхневому ущільненні. Глибина ущільнення ґрунту важкими трамбівками залежить від ряду факторів, таких як маса трамбівки, висота скидання, діаметр трамбівки та кількість ударів на слід.

Глибинне ущільнення ґрунтів виконується різними технологіями. У випадку водонасичених піскових ґрунтів воно може включати в себе використання спеціальних глибинних вібраторів. Щодо глибинного ущільнення водонасичених пісків, використання віброущільнення дозволяє досягати значної глибини, зазвичай від 1 до 10 м, іноді до 20 м [7].

Формування глибоких порожнин з ущільненням ґрунтів в їх стінках та навколо може бути виконано шляхом вибухів лінійних зарядів, розміщених в пробурених свердловинах [8].

Ущільнення суглинистих, супісчаних і лесових просадочних ґрунтів на значну глибину може бути виконано різними методами, такими як утворення пробитих свердловин за допомогою тяжкої параболоїдної трамбівки, забивання снаряду молотом і його подальше витягання, або застосування віброзаглиблювача під час заглиблення та витягання снаряду. У процесі цих операцій ґрунт в стінках порожнини ущільнюється. Після утворення порожнини її заповнюють шарами ґрунту [9] або жорстким матеріалом (щебенем, шлаком, гравієм та ін.), який пошарово ущільнюється. Це призводить до утворення масиву ґрунту із середнім модулем загальної деформації, значно вищим, ніж модуль деформації неущільненого ґрунту. Піщані та ґрунтові пали розміщують в шаховому порядку із розрахунковим кроком.

Ущільнення просадочних ґрунтів може бути виконано замочуванням просадочної товщі через котлован або дренажні свердловини. Під час замочу-

вання води входить в просадочну товщу через котлован або дренажні свердловини, що викликає розмокання взаємозв'язків між частинками ґрунту. Під тиском ваги товщі ґрунт ущільнюється. Проте цей метод може призводити до значного розтікання води за межі плями майбутньої основи, обмежуючи його застосування. Для мінімізації розтікання води та розширення області застосування цього методу, може бути використана технологія регульованого замочування просадочної товщі [10], яка суттєво зменшує розтікання води.

Технологія попереднього замочування товщі лесових і лесовидних ґрунтів з наступними вибухами є ефективним способом глибинного ущільнення ґрунту, особливо для лесових просадочних ґрунтів. Описаний метод був запропонований професором І.М. Литвиновим у НДІБК та вдосконалений А.М. Рижовим і В.С. Шокаревим також в НДІБК.

Технологія цього методу ущільнення ґрунтів включає в себе наступні кроки:

- **Відкопування котловану:** У межах майбутньої будівлі відкопують котлован, який слугуватиме для подальших операцій.

- **Улаштування дренажної системи:** В котловані влаштовують дренажну систему шляхом буріння свердловин. Труби опускають для розміщення вибухових зарядів.

- **Заповнення порожнини** труб дренажним матеріалом: Порожнину свердловини між її стінками та трубою дренажного матеріалу (щебеню) заповнюють.

- **Подача води в котлован:** В котлован подають воду, яка через його дно та дренажні свердловини фільтрується в ґрунт просадочної товщі.

- **вибухові роботи:** Після водонасичення просадочної товщі, коли відбуваються просадочні деформації, в порожнини труб опускають заряди вибухової речовини та виконують вибухи.

- **Ущільнення ґрунту:** Внаслідок динамічного впливу на водонасичений ґрунт відбувається інтенсивне ущільнення лесового та лесоподібного ґрунту.

Поверхня просідної товщі може опускатись до 1,5 метра після закінчення консолідації.

У капітальному будівництві широко використовують поверхнєве та глибинне ущільнення ґрунтів. Однак ці методи стають неможливими чи недостатньо ефективними при поліпшенні ґрунтів основ фундаментів під час реконструкції об'єктів або для захисту існуючих будівель від деформацій.

Термічне укріплення ґрунтів - це процес фільтрації гарячих газів у товщу ґрунту через пори. Цей метод передбачає термічну обробку ґрунтів, що виконується за рахунок нагріву газами до високих температур. Ефективність термічного методу залежить від ступеню фільтрації суглинистих ґрунтів, тому він особливо ефективний для лесових і лесоподібних суглинків, які мають достатньо високий коефіцієнт фільтрації через свою пористість. Під час нагрівання лесових і лесоподібних просадочних суглинків у межах температур 300...1000°C відбувається усунення просадочних властивостей та значне підвищення міцнісних і деформативних характеристик. При температурі нижчій за +300°C ліквідація просадочності лесових суглинків не відбувається, а при температурах 1100...1300°C суглинки спікаються, розплавляються і закупорюють пори, припиняючи просад ґрунтів.

У 1934 році М.О. Осташев висунув ідею використання нагрітого повітря для укріплення ґрунту. Цей метод передбачав використання стаціонарних нагрівальних агрегатів, які генерували гаряче повітря до температури 600...800°C. Під тиском це нагріте повітря подавалося по жаростійким трубопроводам у свердловини. Однак ефективність цього методу виявилася низькою. У 1947 році професор І.М. Литвинов вніс поліпшення, пропонуючи випалювання лесових і лесоподібних ґрунтів через спалювання рідкого, твердого або газоподібного палива у свердловинах [16]. Цей метод здобув широке застосування в будівництві, зокрема використовуючи газоподібне паливо. Під тиском через форсунку газоподібне паливо впускається в пробурені та герметизовані свердловини. Одночасно стиснене повітря подається воздуходувним агрегатом для забезпечення горіння. Продукти горіння та розігріте

повітря фільтруються через пори в товщу ґрунту за допомогою конвективної, радіаційної та контактної теплопередачі. Цей процес призводить до випалу ґрунту, збільшуючи його діаметр до 2,0...2,5 м та суттєво підвищуючи міцнісні і деформативні характеристики.

Як відомо, на просадочних ґрунтах будь-який метод фундування стає ефективним лише після повної прорізки просадочних товщ. Тому, після того як Запорізьке відділення НДІБК вдосконалило технологію термічного закріплення ґрунтів, дозволяючи проводити якісний випал ґрунтів на глибину до 25 метрів [17], цей метод отримав широке застосування в капітальному будівництві, реконструкції об'єктів, захисту будівель від деформацій, влаштування підпірних стінок, закріплення укосів насипів і виємків тощо. Зараз, у зв'язку з тим, що природний газ став обмеженим та дорогим ресурсом, техніка термічного закріплення ґрунтів не застосовується.

Хімічні методи укріплення ґрунтів включають в себе введення різних хімічних розчинів в ґрунт через систему забивних ін'єкторів або пробурених свердловин. Наприклад, були проведені спроби використання розчинів, таких як карбамідна смола КМ і соляна кислота. Під час хімічної взаємодії цих розчинів із солями ґрунту утворюються гелі, які, застигаючи, створюють структурні зв'язки між частинками ґрунту та, таким чином, поліпшують його характеристики. Проте, різні методи смолізації та бітумізації не знайшли широкого застосування з різних причин, включаючи екологічні міркування.

Однорозчинна або дворозчинна силікатизація, яка полягає в нагнітанні в ґрунт хімічних розчинів із силікатом натрію (рідким склом) та хлористим кальцієм, отримала широке застосування в практиці будівництва. Під час цього процесу взаємодія цих речовин між собою та з солями ґрунту призводить до утворення гелю кремнієвої кислоти. Цей гель виступає як в'язучий матеріал і з часом здатен тужити [18].

У випадках укріплення лесового ґрунту також застосовується газова силікатизація, де, крім введення розчину рідкого скла через ін'єктори в ґрунт,

також відбувається насичення вуглекислим газом. Цей процес сприяє прискоренню та повному тужавінню закріпленої маси ґрунту [19].

Метод укріплення ґрунтів силікатизацією має свої недоліки, зокрема його невелика тривалість життя внаслідок вилуговування в часі. Наприклад, відзначимо випадок застосування силікатизації для укріплення ґрунтів під основою Одеського оперного театру опери та балету у 1965 році. Тоді був проведений значний обсяг закріплення (витрати силікату скла досягли 1200 тонн), що дозволило стабілізувати осідання театру. Однак через кілька десятиліть конструкції театру знову почали деформуватись через нерівномірні осідання фундаментів, і до 1990 року тріщини в стінах розкрились до 10–25 мм [20]. Це призвело до необхідності прийняття нових заходів для захисту театру від деформацій, таких як введення під фундаменти паль, які опираються на глибоко розташовані непросадочні шари ґрунту. Крім того, силікатизація вимагає значних витрат дефіцитного та дорогоцінного рідкого скла [21].

У зв'язку з вказаними та іншими недоліками, метод укріплення ґрунтів силікатизацією рідко застосовується в практиці будівництва.

Цементация ґрунтів є широко застосовуваним методом укріплення ґрунтів. Відповідно до загальної класифікації штучних основ, яку запропонував професор Зоценко М.Л. [22], цементация входить до підгрупи, де закріплення реалізується шляхом нагнітання у ґрунт в'язкого розчину, а саме водоцементного розчину. Цей процес сприяє скріпленню частинок та агрегатів ґрунту, поліпшуючи його характеристики. Метод цементации включає різноманітні підходи до подачі цементу в ґрунт, що дозволяє вибирати оптимальний спосіб залежно від конкретних умов і вимог проекту.

Власноцементация- це метод, при якому масиви прониклих ґрунтів, таких як крупні піски, щебені та тріщинуваті скельні породи, закріплюються шляхом ін'єкцій цементного розчину під тиском до 0,4 МПа [23-27]. Цей процес сприяє утворенню твердого зв'язку в ґрунті за рахунок цементного розчину, що зміцнює його структуру та покращує механічні властивості.

Використання ін'єкційного методу, що включає нагнітання цементно-силікатних та піщано-цементно-силікатних розчинів під тиском 0,1-0,8 МПа через свердловини малих діаметрів, було запропоновано та впроваджено в практику науково-виробничим центром "Ін'єкт". Цей метод застосовується для ін'єктування просадочних та насипних ґрунтів, сприяючи їх зміцненню та поліпшенню механічних властивостей.

Метод напірної цементації, відомий як гідравлічний розрив порід, розроблений Сибірським державним університетом шляхів сполучення (Крицький М.Я., Лубягін А.В., Миранов В.С.), а також досліджений Дніпропетровською академією будівництва (Головко С.І., [24]), використовує нагнітання цементно-піщано-глинистого розчину під високим тиском (до 3–5 МПа) в ґрунт через спеціальні забивні ін'єктори. У цьому методі цементний розчин, під великим тиском, розриває непроникні для нього ґрунти та заповнює утворені розриви, утворюючи локальну мережу цементно-піщано-ґрунтових заповнень, схожу на коріння. Це армує масив ґрунту, хоча форма і розмір армуючих прошарків та лінз є випадковими, що робить процес укріплення ґрунтів менш керованим та прогнозованим [28–30].

Струменева цементація ґрунтів базується на використанні високонапірного струменя цементного розчину (35–70 МПа). Цей струмінь одночасно руйнує і перемішує ґрунт з цементними розчинами. Після того, як суміш затвердіє, утворюється ґрунтоцементний елемент з достатньо високими механічними властивостями.

Своєю струйною технологією активно займаються ряд закордонних фірм, які вдало адаптували відповідне оснащення для своєї бурової техніки. Зокрема, в Японії це робить фірма "Кайма", в Італії - "Родіо", в Західній Германії - "Бауэр", в Польщі - "KellerPolskaSp.z.o.o", володарка технології Soilcrete[31]. В Україні цей напрямок технології представлений фірмою "Основа-Солсіф".

В Росії в НДІОБВ розроблено та виготовлено універсальну головку для струйного монітору. Ця головка дозволяє створювати економічні пали, такі як двох-, трьох-, та чотирьохлопастні, гвинтові, з регульованим уширенням по

висоті тощо [20]. У місті Пермі струйною технологією займається Малінін А.Г. [32].

Спорідненість технології струменевої обробки з характеристиками бурового устаткування визначає кількість струменів, які можуть бути використані: одно-, дво-, або триструменева. Струменева технологія відзначається високою продуктивністю, здатністю створювати цементно-грунтові елементи діаметром від 500 до 800 мм для дво-струменевої і до 1,2–2,5 м для триструменевої технології. Вона виявляється ефективною в капітальному будівництві, особливо при підземних роботах [33]. Однак існують обмеження, які ускладнюють широке застосування цієї технології. Важливими є значні втрати цементного розчину, оскільки під час руйнування ґрунтів значна частина розчину залишається поза тілом ґрунтоцементного елемента та виходить на поверхню у вигляді пульпи. Крім того, великі обсяги технологічної води можуть збільшувати рівень підземних вод на 4 метри [20], що робить застосування методу практично неможливим на просадочних територіях.

1.2 Підсилення основ фундаментів армуванням ґрунтів

Армування товщ ґрунтів жорсткими елементами представляє собою один із методів підсилення основ, що складаються з структурно-нестійких або слабких ґрунтів. Суть цього методу полягає в створенні в укріплюючій товщі спеціальних вертикальних, похилих або горизонтальних елементів, які відрізняються від оточуючого ґрунту підвищеною міцністю та жорсткістю. Цей процес призначений для підвищення стійкості та міцності основ, щоб компенсувати або запобігти можливим деформаціям та осіданням внаслідок нестійкості ґрунтового основи. Армуючі елементи можуть бути використані для зміцнення конкретних ділянок або підсилення всієї конструкції.

У процесі армування товщ ґрунтів використовуються різні типи армуючих елементів, такі як набивні ґрунтощобеневі, шлакові, шлакобетонні, а також геотекстиль [34]. Зокрема, геотекстиль представляє собою спеціальний

матеріал, який виготовляється у різних конструктивних формах і володіє високою стійкістю до різних агентів впливу. Використання геотекстилю в армуванні товщ ґрунтів викликає особливий інтерес. Цей матеріал забезпечує високу довговічність армованих елементів і може бути застосований для різних цілей, таких як укріплення укосів виїмок та насипів. Особливо ефективним є використання геотекстилю в дорожньому будівництві, де рулонне армування забезпечує високу продуктивність при зміцненні дорожнього полотна кількома шарами.

Модуль деформації утвореної штучної основи визначається як середньознятий показник. Цей модуль може бути налаштований шляхом зміни властивостей матеріалу армуючих елементів, а також шляхом зміни відстані, глибини і довжини [35].

По способах утворення армуючих елементів, технології армування ґрунтів можна класифікувати на дві групи. До першої групи належать технології, де армуючі елементи створюються вже в попередньо влаштованих порожнинах (свердловинах) за допомогою запресовки жорстких матеріалів, таких як крупний пісок, щебінь, шлак тощо. Друга група включає технології, де армуючі елементи формуються в процесі закріплення ґрунтів за допомогою різних методів. Обидві ці групи можуть бути поділені на підгрупи в залежності від технік утворення порожнин (свердловин), внесення жорстких матеріалів, методів закріплення ґрунтів та інших параметрів.

а) Утворення армуючих елементів шляхом запресовки (набивання) жорстких матеріалів. Цей процес включає дві технологічні операції: попереднє утворення порожнин і їх заповнення жорстким матеріалом. У практиці будівництва для утворення армуючих елементів порожнини створюють різними методами. Зазвичай порожнини формують шляхом циклічних скидань трамбівки масою 3-5 тонн, яка різняться за формою і зазвичай мають гусеничний шасі (рис. 1.1). Окрім цього, порожнини можуть бути утворені також за допомогою свердловин, які використовують шнековий метод (рис. 1.2) [36, 37].

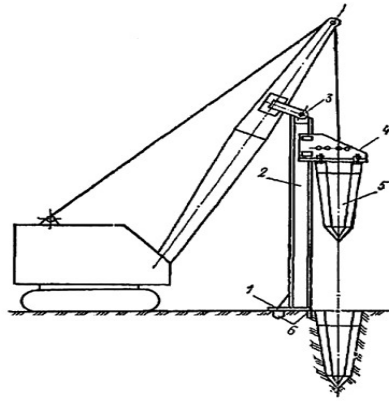


Рисунок 1.1 – Процес утворення порожнини



Рисунок 1.2 – Процес буріння свердловин

Поширеним також є метод утворення порожнин за допомогою пневмопробійника [38, 39]. Пневмопробійник – це пристрій, який використовує стиснене повітря для ударної дії. Проходження свердловин в різних напрямках забезпечується ударним вузлом. Однак недоліком цього методу формування свердловин є те, що механізм реверсу, який повинен повертати пневмопробійник на поверхню, не завжди є надійним, особливо на глибинах більше 6 метрів [40].

Також порожнини можуть бути утворені шляхом розкочування, коли ґрунт не видаляється на поверхню, а втрамбується в оточуючий масив ґрунту при обертанні і осьовому переміщенні конусоподібного пристрою.

При формуванні порожнин за допомогою динамічної дії снарядів ґрунт у стінках порожнин ущільнюється. Після закінчення формування порожнин на необхідну глибину (довжину) їх заповнюють порціями жорсткого матеріалу, який циклічно втрамбовують тими ж снарядами, якими влаштовували порожнину. Завдяки динамічній дії на стінки порожнини при пресуванні жорсткого матеріалу товщина ущільненої зони ґрунту навколо порожнини збільшується.

Армування ґрунтів шляхом формування порожнин і їхнього заповнення жорстким матеріалом, що вказано вами, є ефективним методом укріплення основ. Він дозволяє створити в основі армуючі елементи, які поєднують в собі міцність і жорсткість спресованого матеріалу з ущільненим ґрунтом навколо

порожнини. Цей підхід може бути широко використаний в будівництві для підсилення основ і покращення їх механічних властивостей.

Розуміючи недоліки вищезазначених методів армування ґрунтів основ, важливо шукати альтернативні підходи, які можуть вирішити ці питання. Один із можливих шляхів - використання сучасних технологій ґрунтозміцнення та укріплення основ, які можуть зменшити трудомісткість, матеріалоємність та бути більш гнучкими у використанні. Наприклад, геосинтетичні матеріали, такі як геотекстиль та геосітка, можуть використовуватися для армування ґрунтів. Геосинтетики мають високу міцність і можуть забезпечити підтримку ґрунту, покращити його міцність та стійкість. Крім того, вони можуть бути менш трудомісткими у використанні та більш адаптованими до реконструкційних робіт. Також, методи ґрунтозміцнення з використанням хімічних розчинів чи геоматеріалів можуть бути менш трудомісткими та більш динамічними у використанні порівняно з традиційними методами.

б) Утворення армуючих елементів шляхом укріплення ґрунтів фільтраційними технологіями:

1. Термічна обробка ґрунтів:

- Принцип: Використання розпеченого повітря для розплавлення легкоплавких включень в ґрунті. При охолодженні утворюються кристалічні зв'язки, які зміцнюють ґрунт.

- Переваги: Метод може бути ефективним для утворення міцних армуючих елементів.

- Недоліки: Вимагає значних енергетичних затрат та контролю за температурними режимами. Може бути складним у використанні на практиці.

2. Хімічна обробка ґрунтів:

- Принцип: Використання хімічних речовин, які фільтруються по порах ґрунтового масиву. При нагнітанні під тиском вони утворюють гелі, які тужавіють і зв'язують частинки ґрунту.

- Переваги: Може бути ефективним для консолідації ґрунтів та утворення стійких армуючих елементів.

- Недоліки: Потребує уважного вибору хімічних речовин, а також контролю за процесами хімічних реакцій. Може вимагати спеціальних умов для застосування.

3. Смолізація:

- Принцип: Закріплення ґрунту за допомогою карбамідних смол, які нагнітаються в ґрунт.

- Переваги: Швидкий процес закріплення. Смоли можуть бути ефективними в утворенні армуючих елементів.

- Недоліки: Вплив смол може бути обмеженим в терених зі значним вмістом води. Вимагає обережного використання через хімічну активність.

4. Цементация:

- Принцип: Використання сумішей цементу, води та добавок для закріплення ґрунту.

- Переваги: Застосовується широко в інженерних будівельних проектах. Може забезпечити міцне закріплення ґрунту.

- Недоліки: Вимагає обережного контролю за розчином та може бути трудомістким у використанні на певних теренах.

Ці методи можуть бути застосовані для укріплення ґрунту та створення армуючих елементів у відповідності до вимог конкретних інженерних завдань та умов місцевості.

Зменшення коефіцієнта фільтрації ґрунтів внаслідок різних факторів, таких як обводнення та інші зміни в гідрологічних умовах, може суттєво ускладнити процес армування основ фільтраційними способами. У таких умовах можливо розглядати альтернативні методи армування, які враховують особливості вологісного режиму ґрунтів.

Наприклад, використання гідроізоляційних матеріалів або спеціальних композитних матеріалів може бути ефективним в умовах з підвищеним рівнем води. Також, технології, що використовують засоби, які можуть взаємодіяти з вологою або підвищувати стійкість ґрунтового масиву в умовах вологого середовища, можуть бути вивчені та застосовані.

Важливим аспектом в розробці рішень для армування в умовах підвищеного вологісного режиму є врахування місцевих геологічних та гідрологічних умов, а також вивчення нових технологічних розробок та інновацій у галузі інженерії основ.

Враховуючи зміни у вологісному режимі, розробка інтегрованих підходів до армування може виявитися корисною для стійкості та довговічності інженерних споруд у таких умовах.

1.3 Підсилення основ за напрямками армування

Вертикальне армування є переважаючим в багатьох випадках через вказані вами фактори, такі як напрям дії навантажень, адаптованість технологій та обладнання до вертикального армування, і природа сил гравітації, що сприяє утворенню вертикальних армоелементів. Однак існують випадки, коли необхідно армувати в інших напрямках. Наприклад, в горизонтальному армуванні виникає потреба для укріплення ґрунту від зсувів, ерозії або інших горизонтальних навантажень. Деякі техніки горизонтального армування можуть використовувати горизонтальні елементи, такі як горизонтальні свердловини або арматурні пластини, для покращення стійкості ґрунтового масиву.

Щодо армування в похилому напрямку, це може бути важливим для утримання стійкості схилів, особливо в умовах ерозії або при виконанні робіт на насипах. Тут важливо враховувати напрям зсувів та шукати технології, які можуть забезпечити необхідне армування в цьому напрямі.

Таким чином, вибір напрямку армування залежить від конкретних умов будівництва та вимог проекту, і інженери повинні здійснити вибір технології, що найкраще відповідає потребам конкретного проекту.

Необхідність армування в похилому напрямку часто виникає під час реконструкції об'єктів для підсилення основ та фундаментів, особливо там, де вертикальне армування є неефективним або непрактичним. Різноманітні методи похилого армування включають в себе технології, які створюють нахилні по-

рожнини за допомогою пневмопробійників, вібровдавлення, нахилених свердловин і інших методів, за якими наступно проводиться набивання жорсткими матеріалами [38-40]. Також можливе похиле армування через використання занурених під кутом перфораторів або пробурених свердловин для нагнітання різних закріплюючих агентів [41] та інших методів.

Використання похилого армування ґрунтів для підсилення основ знаходить застосування і при захисті деформованих будівель та споруд [42,43]. У таких випадках важливо, щоб обладнання та оснащення були компактними і малогабаритними.

Недоліком використання похилого армування ґрунтів є необхідність проведення буріння під фундаментами з обох сторін, включаючи внутрішні приміщення. Це призводить до численних ускладнень, таких як розбирання підлог, можливе виселення мешканців, припинення експлуатації будівель та інші проблеми.

Спеціальні методи посилення основ будівель і споруд у горизонтальному напрямку широко використовуються під час відновлювальних робіт об'єктів. Особливо це актуально при збереженні та відновленні пошкоджених будівель для захисту від подальших деформацій, коли виникає необхідність у зміцненні несучої здатності фундаментів. Різноманітні технології використовуються для горизонтального армування основ. Створення котлованів, з яких виробляють горизонтальні армуючі елементи у ґрунті під фундаментами, є загальним технічним підходом для всіх цих методів.

Однією з таких альтернатив є введення сталевих труб у ґрунт під фундаментами горизонтально, після чого їх заповнюють бетоном [44]. Спосіб армування ґрунтових основ ґрунтується на наступному принципі: у котловані, де вже встановлено рейкові напрямні, розміщується силовий механізм (прес), за допомогою якого труба, орієнтована горизонтально, притискана до ґрунтового шару під фундаментами. Потім цей же механізм поетапно втискує бетон у трубу. Група паралельних трубчастих конструкцій під фундаментами формує вузол розподілу, що приймає навантаження від будівлі і розподіляє його на

грунтовий шар. Під час вдавлювання трубчастих конструкцій в ґрунт вони виступають за межі зовнішньої поверхні труби й ущільнюються. Таке вдавлювання труб може проводитися на різних глибинах у кількох рядках. Це дозволяє зміцнити ґрунтовий шар за рахунок його ущільнення та покращити міцність та жорсткість металевої труби, створюючи високонавантажувані армуючі елементи. Існує кілька варіацій такого горизонтального армування, включаючи вдавлювання конструктивних елементів замість труб, таких як залізобетонні або профільовані елементи [45,46].

Цей метод армування в горизонтальному напрямку ефективний для взяття на себе значних навантажень, але йому притаманні кілька недоліків. По-перше, для статичного вдавлювання армуючих елементів на всю довжину (ширину) фундаментів будівель потрібне потужне силове обладнання. По-друге, він характеризується великими витратами праці, матеріалів і вартості [47].

Відомі методи горизонтального армування ґрунтів з використанням пневмопробійників включають створення горизонтальних порожнин із котлованів. Під час ударно-поступального руху пневмопробійника під впливом стисненого повітря ґрунт виштовхується на окраїну та стискується. Після створення горизонтальної порожнини існують два варіанти для її заповнення. Перший включає наповнення отвору під тиском цементним або іншим розчином зв'язуючого, або послідовну ін'єкцію за допомогою того ж пневмопробійника жорсткими матеріалами. Другий варіант передбачає вбивання конструкцій [48]. З метою спрощення технології горизонтального армування за допомогою пневмопробійників розроблені різноманітні методи та пристрої [49-52]. Ці технології горизонтального армування були детально розглянуті та перевірені в Інституті гірничої справи Сибірського відділення колишнього СРСР, проте через велику складність, матеріаломісткість, вартість та недостатню технологічність вони не знайшли широкого застосування для підсилення основ під час реконструкції та захисту деформованих будівель і споруд.

Відомі методи укріплення фундаментів армуванням слабких ґрунтів включають використання суміші в'язучих розчинів та тих самих ґрунтів, які фіксуються за допомогою технології бурозмішування [53].

1.4 Загальні уявлення про бурозмішувальну технологію

Технологія бурозмішування для укріплення ґрунтів включає руйнування структури ґрунту, одночасне введення в руйновану зону в'язучого, такого як водоцементний розчин, та перемішування ґрунтоцементної суміші. Всі ці операції виконуються за допомогою бурового станка із спеціальним технологічним обладнанням - бурозмішувачем. Під час цього процесу прокладання та руйнування ґрунту в товщі відбуваються без виносу його на поверхню [54].

Суміш розрушеного ґрунту та водоцементного розчину докладно перемішують за допомогою того самого пристрою. В результаті твердіння ґрунтоцементної суміші в товщі ґрунту формується вертикальний елемент високої міцності і жорсткості, який не втрачає свої властивості у воді [55]. Використання бурозмішувальної технології для укріплення ґрунтів має значний потенціал, особливо за участю потужної бурової техніки [56,57]. Крім того, цю технологію застосовують для підготовки основ будівель, фіксації укосів і захисту схилів від зсувів [58].

Технологія укріплення ґрунтів армуванням ґрунтоцементними елементами за принципом струменевого змішування була представлена у м. Дніпропетровськ НПП «РемБуд» [59], де вона була успішно впроваджена на базі вітчизняного обладнання. Основу цієї технології складає метод бурозмішування, який включає в себе компоненти струменево-змішувальної технології. Суть струменево-змішувальної технології полягає у наступному. Руйнування структури ґрунту виконується гідродинамічним методом за допомогою напірного струменя закріплюючого розчину в поєднанні з механічним способом за допомогою спеціального механічного пристрою – долота [60], який

виконує роль гідромонітору. Розрушений напірним струменем розчину ґрунт додатково переміщується лопатями пристрою. Змішана маса зруйнованого ґрунту та цементного розчину витворюється, твердіє і протягом певного періоду часу перетворюється у міцний армуючий ґрунтоцементний елемент.

Ця методика успішно впроваджується під час підготовки фундаментів для нових будівель на відкритих майданчиках, включаючи влаштування пальових фундаментів, закріплення бортів котлованів [61], укріплення насипів [62], захист схилів від зсувів [63] та інші застосування.

У зв'язку з необхідністю одночасного руйнування структури ґрунту та перемішування його із закріплюючим розчином цементу, виникає потреба в значній кінетичній енергії, що вимагає великих тисків і об'ємів води. Це ускладнює використання даної технології для захисту деформованих будівель. Крім того, долото, спільно із гідромонітором, прикріплюється до бурових штанг бурового механізму, який монтується на автомобілі. Такий процес передбачає вертикальну проходку на потрібну глибину шляхом обертання долота з монітором при повторних осьових переміщеннях вниз-вверх і навпаки. Це ускладнює виконання процесу закріплення ґрунтів в горизонтальному напрямку.

1.5. Підсилення основ армуванням ґрунтоцементними елементами

Однією з ефективних стратегій зниження вартості фундаментобудування загалом і підготовки основ зокрема є використання ґрунтів як будівельного матеріалу, що знаходяться в основі споруд. Змішування ґрунту з цементним розчином призводить до утворення ґрунтоцементного матеріалу високої міцності та жорсткості, який не піддається розмоканню у воді. Ці властивості ґрунтоцементу давно привертали увагу фахівців для використання в будівництві. Дослідження ґрунтоцементу як будівельного матеріалу проводилися численними вченими і спеціалістами на різних етапах. З науково-технічних джерел видно, що Т.А. Молчанов вперше в СРСР у 1932 році пропо-

нував використання змішування цементного розчину з ґрунтом в будівництві. Значний внесок в дослідження використання ґрунтоцементу в будівництві зробили в кінці 50-х та на початку 60-х років минулого століття фахівці Західно-Сибірського філіалу Академії будівництва СРСР та Сибірського ЗНДІЕП під керівництвом д.т.н., проф. А.В. Силенка, які розробили технологію влаштування ґрунтобетонних фундаментів для будівництва споруд різного призначення [64]. Далі була розроблена механізована технологія будівництва ґрунтобетонних фундаментів [65]. Ці питання також були об'єктом вивчення, дослідження і впровадження в практику таких вчених, як В.В. Аскалонов [66,67], В.М. Безрук [68-70], В.А. Яковлева [71], В.Е. Соколович [72,73], Я.Я. Мотузов [74], Я.Н. Токин [75,76], Р.К. Ковальський [77] та ін.

Ґрунтоцемент успішно використовується не лише у будівництві доріг, а також при формуванні фундаментів та конструкцій будівель, але й для закріплення ґрунтів при підготовці основ у капітальному будівництві та

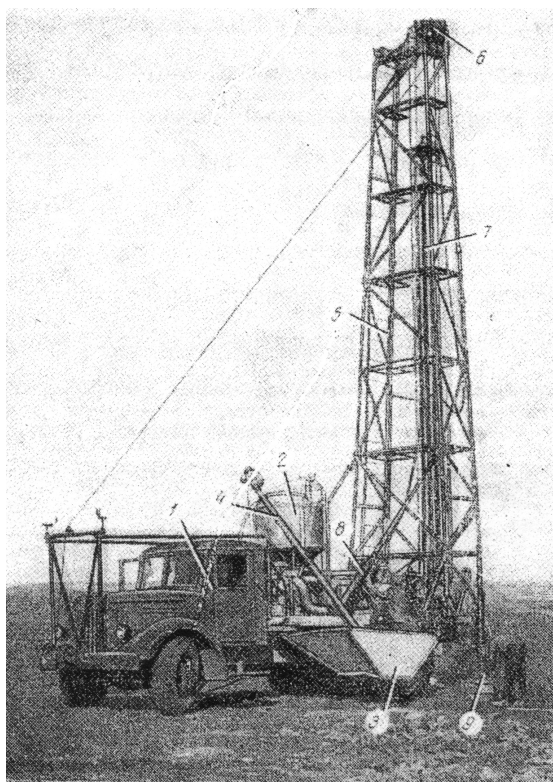


Рисунок 1.3 – Агрегат АГС-7
для влаштування
ґрунтоцементних паль

підсилення основ під час реконструкції та захисту будівель від деформацій. Першими практиками використання ґрунтоцементу для вертикального армування основ за бурозмішувальною технологією були науковці під керівництвом А.П.Ручьєва [78,79]. Початкові вертикальні ґрунтоцементні армуючі елементи влаштовувались агрегатом АГС-7, розробленим СибЗНДІЕП (рис.1.3). Усі технологічні вузли агрегату були встановлені на шасі автомобіля МАЗ-200 [78].

Водоцементний розчин готувався у розчиномішалці і через розчинонасос подавався через вертлюг до порожнистої штанги та робочого органу - бурозмішувача (рис.1.4).

Бурозмішувач при обертанні та вертикальному осьовому переміщенні руйнував ґрунт та одночасно змішував його з цементним розчином. Руйнування структури ґрунту та його перемішування із цементним розчином відбувалися в вертикальному напрямку на визначену глибину. Ґрунтоцементна суміш тужавіла, тверділа та набирала міцності з часом, перетворюючись в міцний вертикальний армуючий елемент.

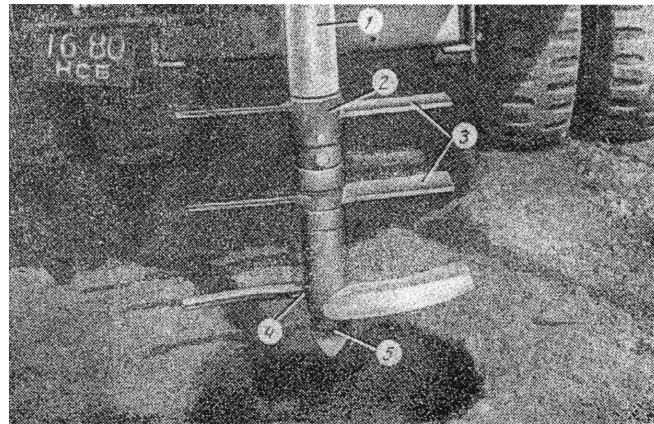


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд робочого органу агрегату АГС-7

Зазначені вище методи орієнтовані на вертикальне зміцнення через бурозмішувальну технологію, якою неможливо створювати горизонтальні ґрунтоцементні армоелементи.

Протягом останнього десятиріччя активними дослідженнями та вдосконаленнями методів армування ґрунтів бурозмішувальною технологією захопилися Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка під керівництвом М.Л. Зоценко [22, 39-41], Винников Ю.Л., Яковлев А.В. [5, 6], Великодній Ю.Й. [41], Петраш Р.В. [55], компанія "Рембуд" у Дніпрі під керівництвом В.И. Крисана [59-63], а також Запорізьке відділення науководослідного інституту НДІБК за участю І.В. Степури та В.С. Шокарева [80, 81]. Науковці Одеської державної академії будівництва під керівництвом д.т.н., професора Менейлюка О.І. [4, 34], а також Віницький державний технічний університет за участю М.Ф. Друкованого та Б.Б. Корчевського [82-84] зосередили свою увагу на розробці та вивченні технологій армування ґрунтів за до-

помогою геотекстильних матеріалів та теоретичному обґрунтуванні аспектів армування.

Запорізьке відділення НДІБК сконцентрувало свої зусилля на розробці бурозмішувальної технології вертикального та горизонтального армування ґрунтів без виносу зруйнованого ґрунту на поверхню, тобто без часткової виїмки ґрунту при реконструкції та захисті деформованих будівель. Але ці розробки знаходяться на початковому етапі свого розвитку, їх необхідно дослідити та удосконалити.

1.5.1 Технологія армування ґрунтів ґрунтоцементними елементами у горизонтальному напрямку

Технологічна концепція даної методики відображена на рис. 1.5 і базується на наступних етапах. Операції бурозмішування, що включають руйнування та дрібнення ґрунту, насичення подрібненого ґрунту цементним розчином і змішування ґрунтоцементної суміші, відбуваються одночасно та починаються з першої бурової штанги 1. Ця штанга обладнана бурозмішувачем 2 для здійснення вказаних технологічних операцій. Для виконання цієї функції в бурозмішувачі розташовані отвори, через які розчин з порожнистої бурової штанги потрапляє в зону руйнування ґрунту. Розчин, підготовлений у розчиномішалці 3, нагнітається через рукав 4 за допомогою розчинонасосу 5 через вертлюг 6, що обладнаний горизонтальним буровим станком. З вертлюга розчин під тиском подається в бурову штангу і, через отвори бурозмішувача, до зруйнованого та подрібненого ґрунту, де бурозмішувач ретельно перемішує суміш.

Технологічні операції горизонтального армування проводяться при використанні компактного станка для горизонтального буріння.

Підготовка водоцементного розчину виконується за допомогою компактної розчиномішалки, яка доступна на ринку будівельного обладнання. ні насоси з можливістю створення тиску до 0,7 МПа.

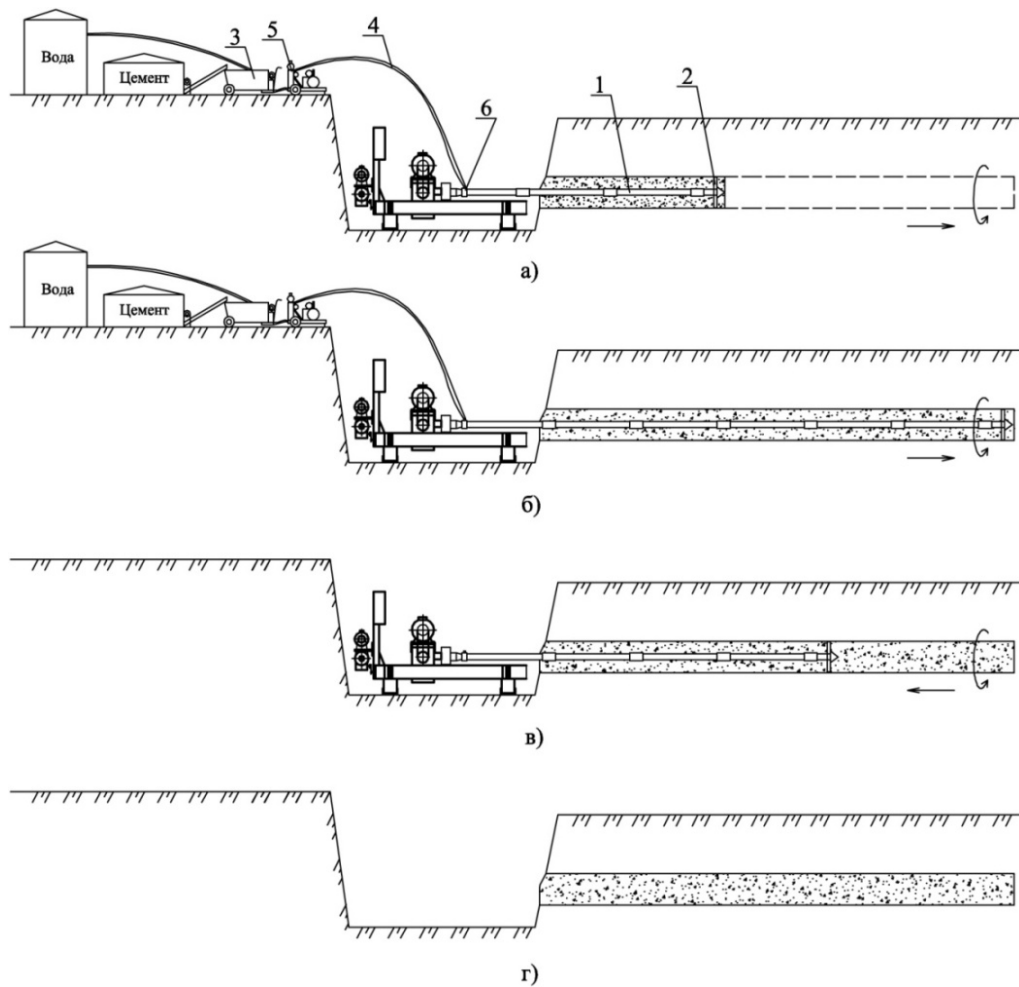


Рисунок 1.5 – Технологічна схема утворення горизонтальних ГЦЕ армуючих елементів:

а) руйнування структури ґрунту та його змішування з в'язучим розчином; б) поглиблення бурозмішувача до проектної відмітки; в) витягання бурових штанг з додатковим перемішуванням ґрунтоцементної суміші; г) готовий ґрунтоцементний елемент: 1 – бурова штанга; 2 – бурозмішувач; 3 – розчиномішалка; 4 – рукав; 5 – розчинонасос; 6 – вертлюг; 7 – станок горизонтального буріння.

Проектна довжина армуючого горизонтального елемента досягається шляхом послідовного нарощування секцій бурових штанг за допомогою швидко-з'єднувальних та роз'єднувальних муфт. Коли проектна довжина колони бурових штанг досягнута, здійснюється зворотний хід та обертання, при яких проводиться додаткове перемішування суміші, і за необхідності - додаткове введення водоцементної суспензії. Поступове витягування бурових штанг

завершує формування армуючого ґрунтоцементного елемента в закріплюючій ґрунтовій товщі, який має водонепроникність, високу міцність та жорсткість.

Ця технологія, хоч і є ефективною, наразі перебуває на етапі початкового розвитку, виявляє ряд недоліків і потребує значних вдосконалень.

1.5.2 Аналіз існуючої технології горизонтального армування ґрунтів по бурозмішувальному методу

Для вирішення цього завдання передусім необхідно провести аналіз обмежень існуючої технології бурозмішування при горизонтальному армуванні ґрунтів, а також засобів та обладнання для цього. Аналіз проводився на об'єктах, де застосовувалося армування ґрунтів. На кожному об'єкті, на прилеглий території, виконували випробування застосування технології, під час якого налаштовувалися технологічні параметри армування ґрунтів, враховуючи конкретні ґрунтові умови. Опитні ґрунтоцементні елементи піддавались аналізу, в результаті чого виявлялися можливі недоліки і коригувалися робочі технологічні процеси. Усі операції технологічного процесу бурозмішування, такі як руйну-

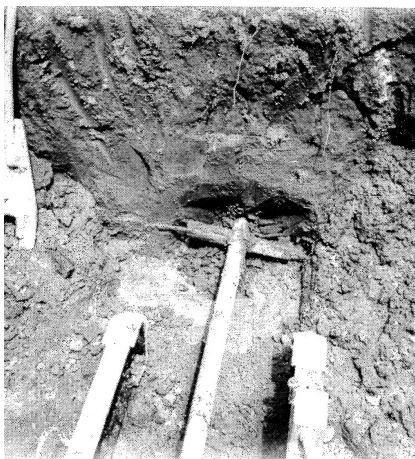


Рисунок 1.6 – Конструкція існуючого однолопатевого

вання ґрунту, його подрібнення, просочення цементним розчином та перемішування ґрунтоцементної суміші, виконуються на даний момент однолопатевим бурозмішувачем з плоскою ріжучою пластиною (рис. 1.6). Це призводить до наступних недоліків технологічного процесу: по-перше, великий опір руйнуванню ґрунту через одночасне втягнення всією площиною бурозмішувача, що може спричинити перевантаження бурового станка та іноді навіть унеможливити його проходження на необхідну відстань; по-друге, форма лопаті бурозмішувача не ефективно подрібнює ґрунт, а скорі-

ше ріже його у вигляді стружки, товщина якої залежить від стану ґрунту та лінійної швидкості бурозмішувача, що не сприяє належному подрібненню та розпушуванню; по-третє, конструкція лопаті бурозмішувача недостатньо ефективно забезпечує просочення зруйнованого ґрунту цементним розчином. Головним недоліком є те, що в залежності від швидкості осьового руху при обертанні лопаті бурозмішувача може утворюватися не суцільна циліндрична поверхня, а гвинтоподібна, де можуть виникати так звані "мертві зони", в які цементний розчин не потрапляє або потрапляє недостатньо (рис. 1.7.). Недостатньо ефективно просочена ґрунтоцементна суміш однолопатевим плоским бурозмішувачем не може бути якісно перемішана через ймовірність утворення тих самих "мертвих зон" під час обертання бурозмішувача під час перемішування. З метою зменшення від'ємного впливу вищезазначених обмежень існуючої технології передбачається повторення рухів бурозмішувача "вправо-вліво" вздовж бурової штанги для більш рівномірного розподілу цементних часток по довжині та перерізу ґрунтоцементного елемента. Однак це призводить до збільшення трудомісткості виконання робіт.

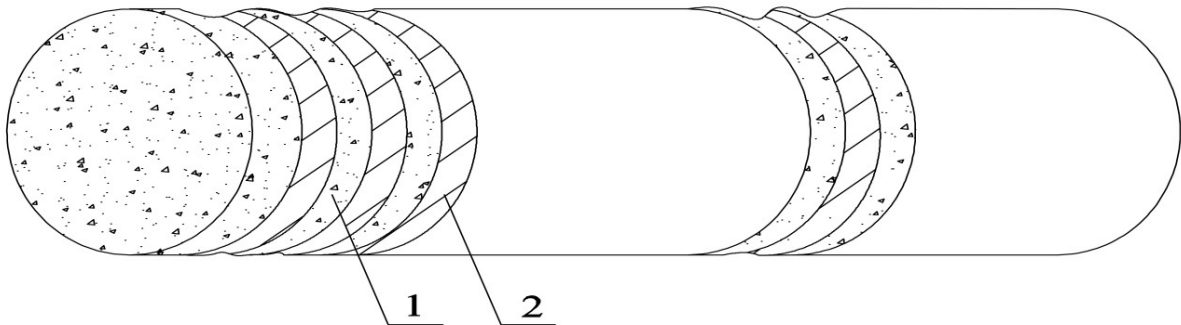


Рисунок 1.7 – Схема утворення "мертвих зон" при формуванні ГЦЕ:

1 – ґрунтоцемент; 2 – ґрунт недостатньо просочений цементним розчином ("мертві зони")

Станок горизонтального буріння. Виконання зазначених вище технологічних процесів бурозмішування при горизонтальному армуванні реалізується за допомогою горизонтального бурового станка.

Пошук та аналіз вітчизняного устаткування свідчать про те, що найбільш відповідними серійно виробленими станками для гірничовидобувної промисловості є горизонтальні верстати типів БВУ-1 і НКР-100. Однак ці верстати мають певні недоліки, такі як великі габарити і вага, використання електро-, гідро- та пневмоприводів, невисока продуктивність буріння (в середньому 4 м.п. за годину), яка ще більше зменшується при збільшенні вологості ґрунтів. Додатково, для встановлення та демонтажу цих верстатів потрібні підйомні засоби, а для виконання бурових робіт - компресори та гідронасоси, що супроводжується підвищеним рівнем шуму. Враховуючи ці недоліки, використання таких верстатів стає ускладненим, особливо в умовах міської забудови, де обмежено простір, особливо під час реконструкції та захисту будівель від деформацій. З цієї причини для втілення запропонованої технології горизонтального армування виникла потреба в розробці та створенні верстата, який би забезпечив виконання горизонтального буріння без виносу ґрунту на поверхню в обмежених умовах. Відповідно до зазначених вимог, станок горизонтального буріння УГБ-250, розроблений і вироблений Запорізьким відділенням НДІБК для вирівнювання нахилених будівель [85], є найбільш відповідним (рис. 1.8).

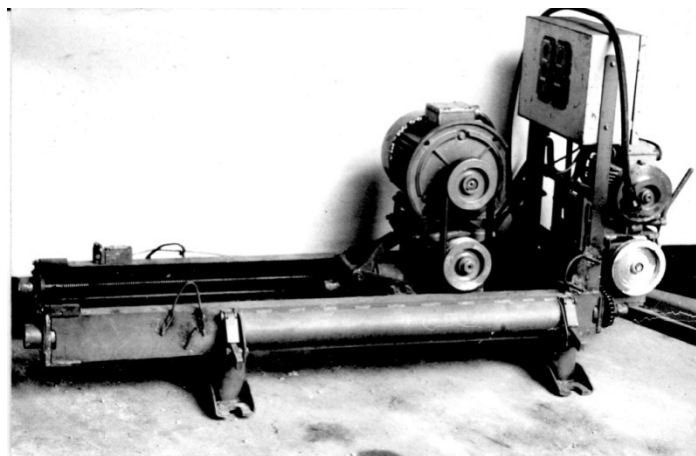


Рисунок 1.8 – Установка горизонтального буріння УГБ 250

Цей верстат успішно справляється із завданням вирівнювання нахилених будівель, проте для вдосконалення його ефективності у сфері укріплення ґрунтів виникла потреба в модифікації.

Використання цього станка обумовлює обмежені можливості технології горизонтального армування, оскільки вона наразі допускає лише одну сталу швидкість обертань ($n=60$ об/хв) та лінійну робочу швидкість поздовжнього руху бурозмішувача ($v=0,36$ м/хв). Виникла необхідність удосконалення конструкції горизонтального бурового станка для можливості регулювання обертальних та осьових рухів бурозмішувача за декількома рівнями швидкостей. Горизонтальний буровий станок був розроблений для вирівнювання нахилених будівель, і його одношвидкісні рухи, як осьові, так і обертальні, повністю задовольняли вимоги, що визначало його простоту та компактність конструкції. Але при реконструкції та укріпленні основ фундаментів горизонтальним армуванням для відновлення деформованих будівель стало очевидним, що одноступінчаті рухи неефективні для ґрунтів, що піддалися нерівномірному замочуванню. Крім того, вказані швидкості недостатні для досягнення необхідної продуктивності укріплення основ та формування якісних горизонтальних ґрунтоцементних елементів. Тому бурові станки повинні бути обладнані різними режимами обертань та лінійного осьового руху бурозмішувача для вибору оптимального режиму горизонтального армування, що враховує стан ґрунту.

Отже, з вищезазначеного випливає, що наразі виникла крайня потреба у вдосконаленні горизонтального бурового станка шляхом надання йому можливості регулювання обертальних та осьових рухів робочого інструмента за різними швидкісними режимами.

Слід відзначити, що виникають значні труднощі при переміщенні бурового станка вздовж рейкових напрямних від одного місця влаштування горизонтальних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) до іншого, особливо в тих випадках, коли формування ГЦЕ відбувається не послідовно, а чергуючи кілька кроків у одному напрямку, а потім у зворотному. Через те, що існуючий кулачковий механізм для підняття бурового станка над рейковими напрямними працює

неідеально, переміщення доводиться виконувати шляхом посування станини вздовж рейкових напрямних за допомогою важелів (ломів). Такий метод переміщення не є технологічним, вимагає значних фізичних зусиль та ускладнює забезпечення поступального переміщення станини паралельно самій собі. Це призводить до додаткових затрат часу для забезпечення відносної паралельності між сусідніми елементами ґрунтоцементних конструкцій.

Таблиця 1.1 – Технологічні резерви підвищення ефективності горизонтального армування ґрунтів і план їх реалізації

№	Найменування резерву	Можливий ефект від реалізації	Шляхи вдосконалення
1	2	3	4
1	Вдосконалення процесів бурозмішування	а) рівномірне розподілення цементних частинок; б) покращення якості утворених ГЦЕ	Трьохсекційна конструкція бурозмішувача
2	Зміна процесів різання та подрібнення ґрунту	а) зменшення опору руйнування ґрунту; б) збільшення довжини проходки бурозмішувачем	Висхідні ріжучі ребра руйнівної секції бурозмішувача
3	Перехід від одношвидкісних осьового та обертального рухів бурозмішувача до трьохшвидкісних	а) встановлення раціональних технологічних режимів армування в залежності від стану ґрунтів; б) унеможливлення виникнення "мертвих зон" при утворенні ГЦЕ	Наділення механізмів осьового переміщення та обертання бурового станка трьохступінчатими ремінними передачами
4	Вдосконалення механізму переміщення горизонтального бурового станка по рейковим напрямним	а) підвищення технологічності переміщення бурового станка; б) механічне забезпечення паралельності суміжних ГЦЕ	Оснащення механізму переміщення роликом кочення в зазорах між кутниковими полосами рейкових напрямних
5	Фіксація в ґрунтовій товщі бурозмішувача в горизонтальному положенні при осьовому переміщенні та обертанні при утворенні ГЦЕ	Забезпечення прямолінійності ГЦЕ при їх утворенні	Наділення бурозмішувача спіралеподібною подовженою направляючою

Також, виявилось, що механізм обертань бурового станка має недостатню потужність, особливо при укріпленні ґрунтів, щільність яких перевищує 1,5 г/см³ в сухому стані.

Висновки за розділом 1:

1. Більшість територій України мають складні умови для будівництва та експлуатації, що призводить до проблем на всіх етапах інвестиційного періоду.

2. Одним із методів поліпшення механічних властивостей основи фундаментів є використання армування, яке реалізується влаштуванням в товщі ґрунту каркасу з жорстких елементів. Існують різні способи армування, які можна розподілити на кілька груп за технологією утворення армуючих елементів.

3. В останні роки бурозмішувальний метод укріплення ґрунтів отримує все більше застосувань.

4. Більшість технологій і обладнання призначені для вертикального армування, що активно використовується в капітальному будівництві. Проте при реконструкції об'єктів і захисті будівель від деформацій частіше потрібне підсилення основ горизонтальним армуванням.

5. Аналіз існуючих технологій горизонтального армування ґрунтів показав наявність резервів для підвищення ефективності цього процесу.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ, МЕТОДИКА РОЗРОБОК ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обґрунтування необхідності розробки горизонтальної технології укріплення ґрунтів

Як вказано в першому розділі, більшість технологій армування ґрунтів спроектована для підсилення основ у вертикальному напрямку, що обумовлено кількома чинниками. Проте часто виникають обставини, що вимагають укріплення ґрунтів у горизонтальному напрямку.

У більшості випадків через історичні природні умови формування товщі ґрунтів мають шарувату структуру. Різні шари ґрунтів у цих товщах мають різні властивості. Часто в товщах, окрім шарів із хорошими будівельними властивостями, можуть міститися шари слабких або структурно-нестійких ґрунтів. Такі особливості можуть виникнути не лише при генезисі ґрунтових товщ, але й внаслідок техногенних і природних процесів. Наприклад, у м. Запоріжжі, під час намівання піщаних товщ для створення основ будівель на узбережжі р. Дніпро, пісок може покриватися муловими шарами або рослинністю, яка гниє і може призводити до значних осадок будівель. Товщі, які складаються із ґрунтів із хорошими будівельними властивостями, але включають слабкі шари ґрунтів, не завжди потребують укріплення на всю глибину стисненої зони. Рекомендовано проводити укріплення лише слабких шарів, що можливо реалізувати через горизонтальне армування [86].

Існують й інші сценарії, коли необхідне горизонтальне армування ґрунтів. Перш за все, це стосується захисту деформованих будівель від подальших деформацій та при реконструкції об'єктів. Під час реконструкції будівель, коли навантаження на основу зростає через підвищення етажності, заміну дерев'яних перекриттів на залізобетонні, встановлення додаткового обладнання і т. д., виникає додаткове навантаження на основу. Для компенсації дефіциту

несучої здатності основи вельми ефективним є підсилення основи горизонтальним армуванням [87].

Із практики дослідження причин пошкодження будівель в процесі експлуатації відомо, що в більшості випадків головною причиною є нерівномірні деформації основ, які виникають по різних причинам, наприклад, через нерівномірні замочування ґрунтів. Тому для стабілізації деформацій основ і, таким чином, попередження подальших деформацій будівель, найбільш ефективним засобом є горизонтальне армування замочених ґрунтів основи.

Ефект підсилення основ горизонтальним армуванням ґрунтів, тобто збільшення несучої здатності основи, полягає в наступному: по-перше, у збільшенні середньовиважених характеристик міцності та деформативності армованих основ; по-друге, у зменшенні тиску на підстилаючі шари ґрунту за рахунок збільшення площі умовного фундаменту.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз існуючої технології та обладнання горизонтального армування ґрунтів на поточний момент. Зроблено висновок, що ця технологія вимагає значного удосконалення. Зазначений аналіз дозволяє виявити резерви для підвищення ефективності та визначити шляхи їх реалізації.

2.2 Визначення напрямку розробок та досліджень

В Україні існує значна кількість будівель, які зазнали деформацій через нерівномірність основ, спричинену негативним впливом техногенних чинників на властивості ґрунтів. Це вимагає впровадження ефективних технологій стабілізації для усунення деформацій та попередження можливого руйнування конструкцій. Сприятливе вирішення цього питання стає особливо актуальним в зв'язку з великим обсягом реконструкції житлових будинків перших масових серій, зведених у 50-60-х роках минулого століття. Цей процес пов'язаний з до-

датковими навантаженнями на основи, які необхідно підсилити для забезпечення їхньої стійкості.

Внаслідок аналізу джерел виявлено, що існуючі технології не повністю відповідають вимогам для вирішення зазначених проблем. Виникає потреба у їхньому удосконаленні з метою впровадження резервів для підвищення ефективності. Також важливо розробити нові інноваційні рішення, які були б універсальними та надійними в вирішенні обох вказаних проблем.

Найбільш оптимальним методом для укріплення основ деформованих будівель та при реконструкції будівельних об'єктів, а саме існуючих структур, є використання горизонтального армування ґрунтів. Суть цієї технології полягає у влаштуванні горизонтальних армоелементів, які виготовляються в котлованах або траншеях за межами будівлі. Це забезпечує два основних аспекти: по-перше, армоелементи влаштовуються в товщі ґрунту під основою фундаменту без будь-яких змін в конструкції будівлі чи її опорного оснащення, включаючи підлоги. По-друге, підсилення фундаменту може відбуватися без переселення мешканців і без припинення функціонування відновлюваного об'єкта. Зокрема, бурозмішувальна технологія (БЗТ) є ефективним методом укріплення ґрунтів. Цей спосіб включає руйнування структури ґрунту, просочення зруйнованого матеріалу водоцементним розчином, та інтенсивне перемішування ґрунтоцементної суміші. В результаті утворюється ґрунтоцементний елемент, який має високу міцність і жорсткість, і не вражається водою.

Ефективність бурозмішувальної технології (БЗТ) проявляється у низькому споживанні матеріалів, енергії та обладнання. При використанні цієї технології для армування ґрунтів, лише 15-25% цементу використовується, а решта 75-85% представляє собою той же ґрунт в масиві, який піддається укріпленню.

Центральним аспектом дисертаційної роботи є розробка та наукове вивчення методу горизонтального армування ґрунтів через застосування бурозмішувальної технології. Основна мета цього дослідження полягає в

підвищенні ефективності укріплення фундаментів під час реставрації деформованих будівель.

З метою оптимізації процесів відновлення пошкоджених будівель важливо провести аналіз досвіду фахівців та вчених, що активно займаються вирішенням цих питань [35, 37, 79, 88-91]. Подальший аналіз результатів їхніх досліджень надасть можливість розробити оптимальні та інноваційні конструктивно-технологічні рішення для успішної реалізації поставлених завдань та цілей дисертаційної роботи.

Метою даної дисертаційної роботи є розробка технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів з метою підвищення ефективності підсилення фундаментів деформованих будівель та споруд під час відновлення їхньої експлуатаційної спроможності, а також при проведенні реконструкції об'єктів.

З метою досягнення поставлених цілей, розглянуті нижче завдання мають бути вирішені:

- Провести аналіз інформаційних джерел з оцінки стану технологій укріплення ґрунтів основ споруд та визначити науково-технічний рівень розвитку горизонтального укріплення ґрунтів бурозмішувальним методом.

- Обґрунтувати необхідність та ефективність технології підсилення основ укріпленням ґрунтів горизонтальним армуванням ґрунтів за допомогою бурозмішувального методу.

- Розробити нові та вдосконалити існуючі елементи горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів.

- Розробити нові та вдосконалити існуючі обладнання та технологічне оснащення для виконання горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів.

- Провести дослідження впливу технологічних факторів на процес укріплення ґрунтів основ горизонтальним бурозмішувальним армуванням.

- Розробити технологічну карту для виконання нових технологічних процесів горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд.

- Визначити техніко-економічну ефективність застосування технології горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів.
- Випробувати та впровадити розроблену технологію горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд.

2.3 Методика вирішення окремих задач

2.3.1 Стабілізація деформацій основ фундаментів

Шляхи вирішення завдань стабілізації опускань фундаментів деформованих будівель можуть бути наступним чином:

1. Проведення тщательного огляду будівлі, базований на технічному завданні, в якому пріоритетною є ідентифікація небезпечних ділянок та вжиття термінових заходів для запобігання раптового обрушення конструкцій.

2. Здійснення вимірювань інструментальними методами та оцінка ступеня деформованого стану будівлі з урахуванням загальної або локальної деформації в залежності від характеру пошкоджень.

3. Під час ретельного обстеження основи визначаються наступні параметри: підготовка основи, геологічний профіль площадки та характеристики ґрунтів у зоні стиснення (вологість, щільність, пластичність і ін.); тип фундаменту, його глибина закладання; межі деформованого стану будівлі.

4. При визначенні масштабу пошкоджень фіксуються вісі та ряди ушкоджень.

5. На підставі аналізу пунктів 1-4 вибираються та визначаються методи та технології стабілізації деформацій [92]. Прі цьому намагаються максимально

зберегти: навколишню інфраструктуру; конструктивні елементи будівлі, включаючи опорядження та комунікації. У випадку неможливості або труднощів із переміщенням мешканців на період відновлювальних робіт, використання технологій, які дозволяють виконати відновлення без зупинки експлуатації, є обов'язковим. План заходів повинен передбачати забезпечення нормальних умов для проживання на період відновлювальних робіт, зокрема в контексті розробленої технології горизонтального армування ґрунтів при підсиленні фундаментів відновлюваних деформованих будівель.

2.3.2 Удосконалення існуючого технологічного обладнання

На підставі аналізу, проведеного у першому розділі, автор виявив можливість вдосконалення технології горизонтального армування ґрунтів шляхом розробки нового та удосконалення існуючого обладнання та пристроїв відповідно до визначених технологічних резервів, включаючи:

Бурозмішувач. Бурозмішувач є ключовим компонентом технічного обладнання для горизонтального армування ґрунтів. Цим пристроєм виконуються всі етапи процесу бурозмішування: руйнування ґрунту, подрібнення зруйнованого ґрунту, просочування подрібненого ґрунту цементним розчином та перемішування ґрунтоцементної суміші. Аналіз показав (див. п.1.5.2), що існуючий однолопатевий бурозмішувач із плоскою ріжучою пластиною не відповідає вимогам якісного утворення ГЦЕ. Отже, виникла необхідність в розробці нової конструкції бурозмішувача. Конструкція бурозмішувача повинна задовольняти наступні вимоги. Перш за все, забезпечувати оптимальні навантаження на горизонтальний буровий станок. Це можливо шляхом зменшення опору руйнуванню ґрунту при просуванні бурозмішувача в ґрунтовій товщі на необхідну відстань для утворення ГЦЕ. Відповідна конструкція ріжучої частини бурозмішувача є ключовою для досягнення цієї мети. На початку ріжучої

частини повинен бути забурник, за яким слідує ріжуча лопата, що забезпечує поступове врізання в ґрунт та його руйнування за рахунок висхідної системи ніжок ріжучої лопати. Ступінь підняття ніжок лопатей визначається кутом між ними, що впливає на товщину стружки різання, опір руйнуванню ґрунту, час проходження бурозмішувача в товщі при формуванні ГЦЕ та інші параметри. Останні два аспекти розглядатимуться під час дослідження в третьому розділі. Процеси подрібнення зруйнованого ґрунту, просочування цементною суспензією та перемішування ґрунтоцементної суміші повинні забезпечити рівномірний розподіл цементних частинок як по довжині, так і по перерізу ГЦЕ. Така функція бурозмішувача повинна бути забезпечена відповідною конструкцією лопатей, ріжучих пластин та системою розподілу отворів для витікання цементної суспензії. Лопатей по довжині бурозмішувача повинно бути достатньо, щоб за одну проходку кожен елементарний об'єм ґрунтоцементної суміші піддавався багаторазовій обробці. Цей принцип забезпечить запобігання виникненню "мертвих зон", в які цементна суспензія не потрапляє або потрапляє в недостатній кількості.

Горизонтальний буровий станок. Одним з основних механізмів здійснення технологічного процесу горизонтального армування ґрунтів є горизонтальний буровий станок. Аналіз інформаційних джерел вказав, що серед існуючих станків горизонтального буріння, розроблених в Україні, найбільш прийнятним є станок УГБ-250. Однак, в його поточному стані ефективність використання обмежена внаслідок недоліків, перерахованих у пункті 1.5.2. Тому для підвищення ефективності підсилення основ за допомогою цього станка виникла потреба його вдосконалення. По-перше, слід надати станку кілька швидкостей для осьового (продольного) та обертального рухів відповідних механізмів. Процес вдосконалення станка повинен враховувати, що збільшення габаритів та маси станка неприпустиме. Зазвичай це питання можна вирішити за допомогою механізмів обертання та осьового руху, які працюють на ремінних передачах. У зв'язку з цим необхідно провести розрахунки діаметрів шківів відповідних передач редукторів.

Механізм обертання складається з електродвигуна потужністю $P=5,5$ кВт та кількістю обертань $n_0=1500$ об/хв, а також шківів з необхідними розрахунковими діаметрами та відповідним передаточним відношенням. Для забезпечення обертання використовується редуктор РЧУ 100 із передавальним відношенням $u_p=16$.

Під час визначення діаметрів шківів рекомендується використовувати наступне відношення:

$$n = \frac{n_0}{u_p \cdot u}, \quad (2.1)$$

де: n – швидкість обертання бурозмішувача, об/хв;
 n_0 – кількість обертів електродвигуна, об/хв;
 u_p – передаточне відношення редуктора;
 u – передаточне відношення пари шківів.

Передаточне відношення пари шківів:

$$u = \frac{d_1}{d_2}, \quad (2.2)$$

де: d_1 – діаметр ведучого шківа, мм;
 d_2 – діаметр відомого шківа, мм;

Шляхом використання співвідношень з виразів 2.1 та 2.2 проводиться визначення діаметрів шківів ремінних передач для трьох різних швидкостей обертань механізму обертання та інших ремінних передач горизонтального бурового станка.

По завершенні устаткування станка ременними передачами для механізмів обертання та лінійного переміщення робочого органу, необхідно провести аналіз фактичних швидкостей цих рухів. Методика таких вимірювань включає в себе вимірювання відстані l , яку проходить робочий орган протягом певного часу t , та визначення кількості обертів n протягом фіксованого часу t' . Швидкості цих рухів обчислюються за відомими формулами, як відношення

відстані до часу для лінійного руху ($v=l/t$, м/хв) та кількості обертів до часу для обертання ($\omega=n/t'$, об/хв).

Для збільшення опору згину під дією навантаження необхідно посилити горизонтальні цементно-елементні (ГЦЕ) конструкції за допомогою жорстких елементів. Для цього слід врахувати можливість встановлення вібратора на муфті передачі обертання на робочому органі. Також потрібно вдосконалити систему з'єднань секцій бурових штанг з метою поліпшення технологічності збільшення довжини бурових стовбурів та скорочення часу для виконання цих технологічних операцій.

Необхідно вдосконалити технологію переміщення бурового станка по рейковим напрямним від однієї точки утворення горизонтально-цементно-елементних (ГЦЕ) до іншої. Основна мета - підвищити технологічність та спростити цю процедуру переміщення. Це важливо, оскільки часто потрібно формувати ГЦЕ через декілька етапів в одному напрямку фундаментів, а потім в зворотному. Головне вдосконалення - механічно забезпечити паралельність утворених ГЦЕ. У існуючій технології ця операція займає значну кількість часу при виготовленні кожного ГЦЕ. Для цього слід передбачити паралельність суміжних кутникових полос рейкових напрямних як при їх виготовленні, так і при укладанні і кріпленні секцій напрямних на дні котловану. Переміщення станків по рейковим напрямним здійснюється за допомогою роликів кочення механізму. Ролики повинні котитися в зазорах між суміжними полосами кутників рейкових напрямних. Система із чотирьох роликів, розміщених по кутах станини, забезпечить переміщення станини станка паралельно самій собі без перекосів у горизонтальній площині. Механізм переміщення станків потрібно ретельно розробити.

2.3.3 Методика визначення складових ґрунтоцементної суміші

Визначення вмісту цементу при утворенні горизонтальних ГЦЕ. Основною складовою суміші є цемент, із врахуванням рекомендацій науково-технічних джерел, обрано цемент марки М-400. Ця марка цементу належним чином відповідає вимогам до необхідних міцнісних і деформативних характеристик горизонтально-цементно-елементних (ГЦЕ). Вона також гарантує необхідну однорідність, виключаючи наявність домішок різних шлаків, що має велике значення для ефективної роботи вертлюга та стійких процесів витікання цементної суспензії з отворів бурозмішувача. Вміст цементу має відповідати визначеним показникам призмової міцності R_p та жорсткості E , які використовуються при проектуванні основ фундаментів підсилень будівель та споруд. Методика визначення необхідного вмісту цементу в ґрунтоцементній суміші для утворення горизонтальних армуючих елементів з передбаченими механічними характеристиками R_p та E розроблена з урахуванням наступних вимог. З джерел науково-технічної інформації [28,37,38, 70,87,94] відомо, що механічні характеристики ґрунтоцементу залежать від різних факторів ґрунтових умов, таких як: число пластичності ґрунту, початкова вологість, пористість, щільність, тиск, температура та інші. Однак, у зв'язку з тим, що при горизонтальному армуванні ґрунтів основи в стисливій зоні безпосередньо під фундаментами різниця в значеннях цих факторів вздовж армоелементів не є суттєвою, ми можемо вважати їх ідентичними. Таким чином, E та R_p ґрунтоцементу будуть залежати виключно від вмісту цементу. Для досягнення цієї мети необхідно провести дослідження, вивчаючи залежність міцності R_p та модуля деформації E від вмісту цементу. На основі графіків з цих досліджень можна визначити необхідний вміст цементу, що відповідає заданим значенням R_p та E , використаним у проекті при розрахунках.

Визначення параметрів складових ґрунтоцементної суміші. На підставі проведених власних досліджень та аналізу науково-технічних джерел [28;95], пропонується методика визначення наступних технологічних параметрів.

На оптимальний вміст води (w_0) у ґрунтоцементній суміші впливають різноманітні чинники та його можна визначити шляхом використання формули [96]:

$$w_0 = 0,8w_1 + kЦ \quad (2.3)$$

де: w_1 – максимальна молекулярна вологоємність ґрунту природного складу;

k – коефіцієнт водоцементного відношення цементної суспензії, для портландцементу М400 приймається $k=0,6$;

$Ц$ – відсоток вмісту цементу від маси скелету ґрунту в суміші.

З урахуванням води, яка знаходиться у порах ґрунту, водоцементне відношення ґрунтоцементу визначається рівнянням:

$$B / Ц = w_1 / Ц \quad (2.4)$$

Для забезпечення точного дозування цементу в ґрунті за допомогою технології бурозмішування вводиться водоцементний розчин з відношенням води до цементу 0,6. Розрахункову кількість цього розчину на один погонний метр горизонтального армування ґрунту визначають за допомогою наступної формули:

$$V_p = \rho_d \cdot Ц \cdot F \cdot \left(\frac{1}{\rho_c} + \frac{0,6}{\rho_w} \right), \text{ м}^3 / \text{п.м.} \quad (2.5)$$

де: ρ_d – щільність ґрунту в сухому стані, $\text{т}/\text{м}^3$;

$Ц$ – вміст цементу, д.од.;

F – площа поперченого перерізу ГЦЕ, м^2 ;

ρ_c, ρ_w – щільність відповідно цементу і води, $\text{т}/\text{м}^3$;

0,6 – водоцементне відношення розчину.

Для отримання цементоґрунтової суміші з оптимальною вологістю, враховуючи природну вологість ґрунту будівельного майданчику, в суміш додається додаткова кількість води у складі водоцементного розчину. Ця кількість визначається за наступною формулою:

$$V_6 = \rho_d \cdot F \cdot [w_0(1 + C) - w_1 - 0,6C] \cdot \frac{1}{\rho_w}, \text{ м}^3/\text{п.м.}, \quad (2.6)$$

де: w_0 – оптимальна початкова вологість суміші в д.од., яка визначається по формулі (2.3);

w_1 – природна вологість ґрунту, д.од.

Методика дослідження впливу швидкості обертань та лінійної швидкості бурозмішувача на твердість ґрунтоцементу. При розрахунках на зміщення горизонтальних армуючих елементів (ГЦЕ) в армованих основах фундаментів, важливим етапом є дослідження твердості ґрунтоцементу. Оскільки вимірювання твердості проводяться лише на зовнішній поверхні ГЦЕ, цей показник називається "поверхнева твердість".

У якості альтернативи критерію оцінки впливу технологічних чинників на формування горизонтальних армуючих елементів (ГЦЕ) використовували неруйнівний метод вимірювання поверхневої твердості за допомогою ударно-імпульсного методу приладом "Онікс-2,5". Цей прилад призначений для визначення міцності цементних бетонів, цегли та інших композитних матеріалів шляхом вимірювання ударного імпульсу. Принцип роботи приладу ґрунтується на кореляційній залежності між параметрами ударного імпульсу та пружно-пластичними властивостями контрольованого матеріалу.

Прилад складається з електронного блоку і склерометра (рис. 2.1). Для виконання вимірювань необхідно індентором склерометра виконати удар зусиллям пружини приладу по поверхні, що вимірюється. Під час удару перетворювач генерує сигнал, пропорційний поверхневій твердості об'єкта вимірювання. Цей сигнал реєструється електронним блоком і конвертується в цифровий показник твердості в МПа.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд приладу „Онікс-2.5”

Методика дослідження впливу швидкості обертань та лінійної швидкості бурозмішувача на призмову міцність ґрунтоцементу.

Дослідження ГЦЕ методом пенетрації відображає поверхневу міцність, тоді як ударно-імпульсний метод приладом "Онiкс–2,5" вимірює поверхневу твердість. Найбільш об'єктивним способом оцінки впливу технологічних чинників на формування механічних характеристик ґрунтоцементу є дослідження призмової міцності шляхом вимірювання одноосьового стиску ґрунтоцементних зразків із відібраних монолітів ГЦЕ. Циліндричні моноліти вирізались порожнистою алмазною коронкою, використовуючи електроперфоратор (рис. 2.2). Відбір зразків відбувався на кожній ділянці ГЦЕ відповідно до різних технологічних параметрів по 3 шт на відповідній ділянці. З метою дослідження призмової міцності R виготовлено циліндричні зразки діаметром 70 мм і висотою 70 мм, згідно з рекомендаціями [99]. Дослідження на стиск виконувалось при віці 35 діб твердіння за допомогою гідравлічного пресу (рис. 2.3).

2.3.4 Методика контролю якості утворених горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів

Основними параметрами контролю якості горизонтальних ГЦЕ є фактична довжина, суцільність ствола, ступінь розподілу характеристик ґрунтоцементу по перерізу і довжині ГЦЕ, а також міцність та жорсткість. Ступінь розподілу характеристик, таких як твердість ґрунтоцементу, визначається методом ударно-імпульсу за допомогою пристрою "ОНІКС-2,5".

Значущу роль відіграють дані щодо міцності та деформаційних властивостей ґрунтоцементу, їх розподілу вздовж ГЦЕ, а також інформація про її суцільність.



Рисунок 2.2 – Електроперфоратор з алмазною пустотілою коронкою



Рисунок 2.3 – Гідравлічний прес

Під час вивчення цих аспектів стояла перед нами подвійна задача. По-перше, збирати дані про властивості горизонтальних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ), а по-друге, експериментально перевірити застосування акустичного методу для контролю якості суцільності ствола горизонтальних ГЦЕ. Ми використовували такий метод досліджень: За допомогою алмазних коронок із певним інтервалом по довжині ГЦЕ відбирали моноліти ґрунтоцементу. З цих монолітів виготовляли циліндричні зразки, які піддавались стисканню на гідравлічному пресі. З результатів цих випробувань визначали призмову міцність та модуль деформації. Одночасно ці дослідження служили для визначення суцільності ствола ГЦЕ. Зазначений метод контролю характеризується дискретним оцінюванням цілісності ствола ГЦЕ. Для більш об'єктивного оцінювання цілісності ствола ГЦЕ та його довжини використовувався акустичний метод з використанням програмного комплексу РІТ-W, розробленого в США (рис. 2.8).



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд програмно-технічного комплексу РІТ-

Прилад РІТ-В ґрунтується на методі відбитих імпульсів. По-перше, легким ударом за допомогою спеціального ручного молотка по торцевій поверхні горизонтального ґрунтоцементного елемента (ГЦЕ) ініціюється імпульс. Відбута внаслідок цього акустична хвиля розповсюджується вздовж армованого елемента. Далі вібрації, викликані цією хвилею, реєструються датчиком вібрацій, який розташований на торцевій поверхні ГЦЕ (це акселерометр).

Сигнал вібрацій перетворюється на графічний та цифровий показник форми та довжини, які

відображаються на приладі та зберігаються в його пам'яті. За необхідності можна здійснити аналіз результатів утворення ГЦЕ, а також вивести графічну інформацію у вигляді роздруківки.

Висновки за розділом 2

1. Розробка та дослідження в цьому розділі спрямовані на розв'язання актуальної задачі - відновлення деформованих та аварійних будівель за допомогою стабілізації деформацій основ шляхом армування ґрунтів горизонтальним методом за допомогою бурозмішування.

2. Визначений напрямок розробок і досліджень, відображений у розробленій блок-схемі, сприяє організації виконання досліджень та розробки інноваційно-технологічних рішень для підвищення ефективності армування ґрунтів.

3. Розроблені план проведення експериментальних досліджень і методика вирішення окремих задач надають можливість більш спрямовано виявити резерви для покращення існуючої технології і обладнання та визначити шляхи їх вдосконалення для досягнення мети магістерської роботи.

4. Ефективність відновлення експлуатаційної спроможності деформованих будівель залежить від різних складових технології та обладнання горизонтального армування ґрунтів, зокрема бурозмішувальних процесів, які є найбільш значущими. Ці процеси обумовлені конструктивно-технологічними особливостями бурозмішувача та станка горизонтального буріння.

5. У цьому контексті, запропонована методика контролю якості горизонтального армування ґрунтів ґрунтоцементними армоелементами є важливим етапом в забезпеченні якості та ефективності використання даного технологічного процесу.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРОЗМІШУВАЛЬНОГО АРМУВАННЯ ҐРУНТІВ ОСНОВ СПОРУД ТА ЇЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Станок горизонтального армування ґрунтів

Усі процеси горизонтального армування ґрунтів здійснюються за допомогою основного механізму - станка горизонтального буріння.

Як вказано в пункті 1.5.1, серед наявних бурових станків оптимальним варіантом для проведення горизонтального армування ґрунтів під час підсилення основ деформованих будівель та реконструкції об'єктів є горизонтальний буровий станок УГБ-250.

З урахуванням аналізу недоліків бурового станка, які висвітлені у пункті 1.5.2, проведено подальше вдосконалення станка. Кінематична схема удосконаленого станка УГБ-300 представлена на рис. 3.1, згідно з якою станок має механізм осьового руху робочого органу А та механізм обертання робочого органу Б, які складаються з елементів, зазначених на схемі.

На рис. 3.2 представлена принципова схема вдосконаленої бурової установки:

- привід робочого органу – електричний;
- обертання робочого органу - реверсивне від електродвигуна за допомогою ремінної передачі до редуктора;
- з'єднання робочого органу з валом редуктора - жорстке, через перехідну кулачкову муфту;

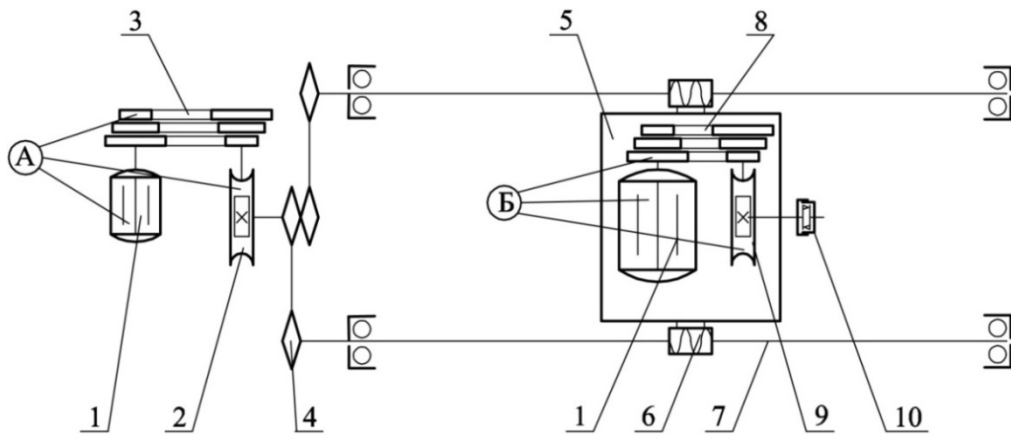


Рисунок 3.1 – Кінематична схема бурової установки:

А – механізм осьового руху робочого органу; Б – механізм обертання робочого органу; 1 - електродвигун; 2 - понижуючий редуктор осьового переміщення робочого органу; 3 – триступінчата ремінна передача механізму осьового переміщення робочого органу; 4 – ланцюгова передача; 5 - каретка механізму обертання робочого органу; 6 - гайка силова; 7 – силовий різьбовий вал; 8 – триступінчата ремінна передача механізму обертання робочого органу; 9 - понижуючий редуктор механізму обертання; 10 - кулачкова муфта

осьова подача робочого органу виконується шляхом синхронного обертання двох різьбових валів, також приводиться в рух за допомогою електродвигуна через понижуючий редуктор.

Розміщення валів осьового переміщення робочого органу - бокове, вбудоване в направляючі швелера жорсткої станини. Кожен механізм оснащено автономним управлінням. Кріплення електрошфати здійснюється верхнім способом - безпосередньо до станини.

Бурові штанги приводяться в обертальний рух за допомогою черв'ячного редуктора РЧУ-100, який приводиться в рух електродвигуном потужністю 4,5 кВт. Під час реконструкції цей електродвигун було замінено на більш потужний - 5,5 кВт. На тихохідний вал монтвана перехідна муфта, стаціонарний корпус якої прикріплений до рами механізму обертання. Механізм обертання закріплений на каретці, яка рухається в напрямних швелерах станини за допомогою механізму осьового переміщення. Останній складається з електродвигуна потужністю 2,2 кВт, черв'ячного редуктора РЧУ-63 і двох валів, які синхронно обертаються за допомогою ланцюгової передачі.

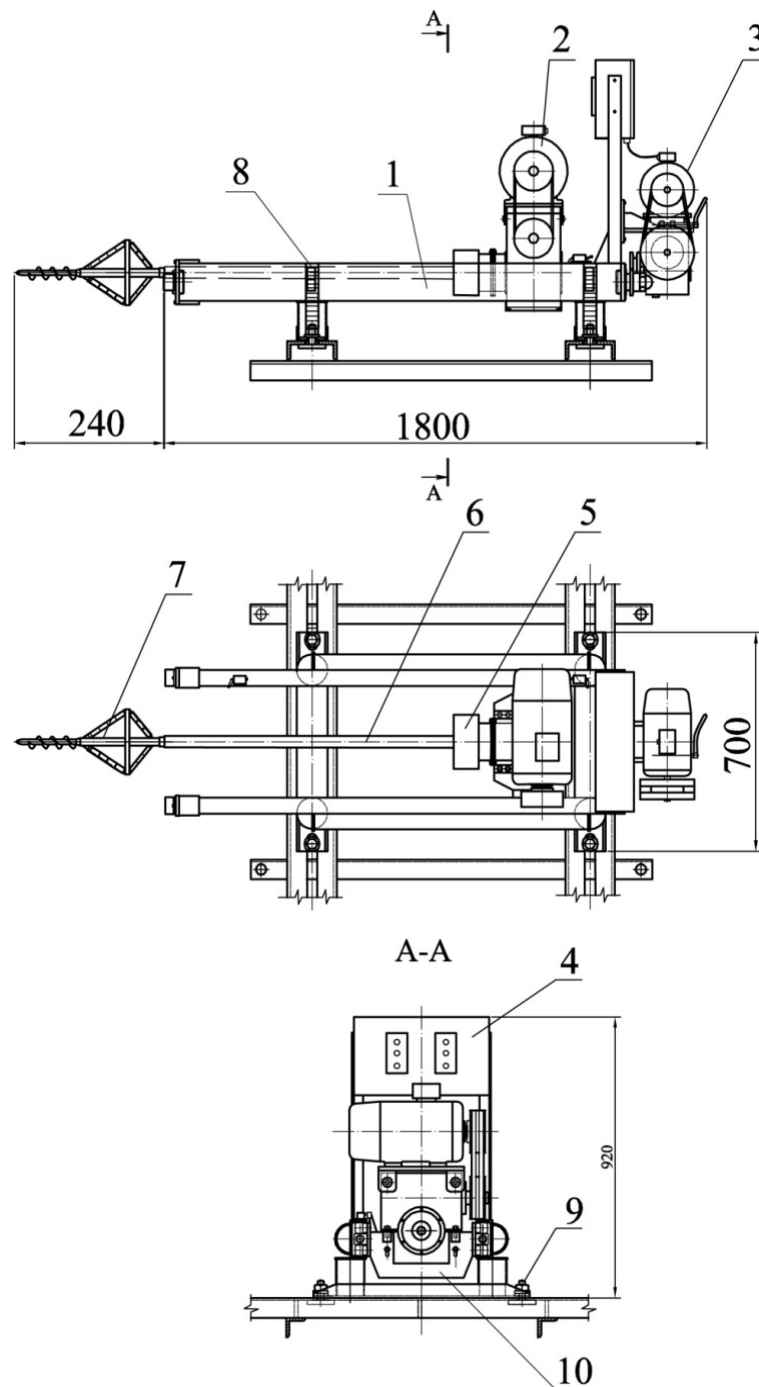


Рисунок 3.2 – Принципова схема удосконаленої установки горизонтального закріплення ґрунтів УГБ-300:

1 – корпус; 2 – механізм обертання робочого органу із трьома ступенями швидкості; 3 - механізм осевого переміщення робочого органу із трьома ступенями швидкості; 4 - електрошафа; 5 - вібратор; 6- бурова штанга; 7 - трилопатевий бурозмішувач з направляючою; 8 – механізм підняття станка при переміщенні; 9 - анкерний болт; 10 – каретка механізму обертання

Управління установкою здійснюється за допомогою реверсивних магнітних пускачів і кнопкових вимикачів. Робочий хід механізму осевого переміщення бурових штанг обмежений двома кінцевими вимикачами. Елек-

трошафа встановлена на рамі і прикріплена до станини на висоті, що відповідає вимогам техніки безпеки, електробезпеки та зручності експлуатації.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики удосконаленої установки горизонтального закріплення ґрунтів УГЗ-300

Найменування показників	Параметри	
	До реконструкції	Після реконструкції
1. Довжина проходки, м	до 20	до 30
2. Діаметр свердловини, мм	до 250	до 400
3. Тип робочого органу	шнек	шнек, бурова штанга
4. Привід обертання робочого органу	електричний	електричний
5. Швидкість лінійного переміщення робочого органу, м/хв	0,36	0,44; 0,68; 0,92
6. Швидкість обертань робочого органу, об/хв	60	86; 112; 138
7. Споживана потужність, кВт	7,7	8,7
8. Маса верстата в зборі, кг	280	290
9. Габаритні розміри, $h \times l \times b$, мм	700x1700x1250	700x1700x1250

Пересування установки в горизонтальному напрямку для формування ряду горизонтальних паралельних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) виконується наступним чином. На планованому дні котловану розташовують кутникові рейкові напрямні 12, через які вставляють штирі 13 в ґрунт дна котловану. Це закріплює рейкові напрямні та створює умови для переміщення установки та її фіксації болтовим з'єднанням до рейкових напрямних під час буріння свердловин.

Після завершення формування наступного горизонтального цементно-ґрунтового елементу (ГЦЕ) установку розкріплюють, готують її до транспортування і переміщують наступним чином. За допомогою рукоятки 10 обертають зубчасте колесо 9, яке приводить в рух зубчасту рейку 5, опускаючи корпус 3 і одночасно з ним ролик кочення 4 до опору в кутники рейкових напрямних 12, які знаходяться в положенні 4'. Два крайні опорні вінця 4₁ ролика кочення об-

пираються на кутники рейкових напрямних, а середня частина ролика кочення 4₂, з більшим діаметром, розташовується між кутниками. Після зіткнення ролика кочення з рейковими напрямними продовжують обертати зубчасте колесо так, щоб утворився зазор Δ між станиною 1 і рейковою напрямною 12. Після цього фіксують зубчасте колесо за допомогою фіксатора 11. У таке положення встановлюють всі чотири ролики кочення, забезпечуючи однаковий зазор Δ між станиною 1 та рейковими напрямними 12. Після завершення переведення установки в транспортне положення її перекочують до наступної точки для створення наступного ГЦЕ та опускають станину на рейкові напрямні, піднімаючи ролики кочення в робоче положення, обертаючи зубчасте колесо в зворотному порядку. Станину закріплюють болтовим з'єднанням до рейкових напрямних і формують черговий армоелемент. Паралельність армоелементів забезпечується механічно, оскільки установка переміщується поступально паралельно самій собі. Цьому сприяє положення середніх частин 4₂ всіх чотирьох роликів кочення, розташованих між кутниками рейкових напрямних, які не дозволяють перекосу при переміщенні установки. Розміщення бурових станків на рейкових напрямних, готових для створення горизонтальних ГЦЕ на відповідних ділянках, показано на рис. 3.3. Кріплення бурових станків до рейкових напрямних представлено на рис. 3.4.

Для впровадження способу переміщення бурового станка за допомогою розробленого механізму необхідно оптимізувати рейкові напрямні так, щоб сусідні полоси кутникових напрямних 12 були паралельними та розташовані з певним інтервалом, де відбуватиметься кочення ролика 4 механізму переміщення.

Буровий станок для горизонтального буріння був покращений шляхом його адаптації для здійснення армування ґрунтово-цементними елементами (ГЦЕ) за допомогою жорстких конструкцій



Рисунок 3.3 – Розміщення
станків на рейкових коліях



Рисунок 3.4 – Кріплення бурових

Технологія укріплення ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) жорсткими конструкціями була вдосконалена для збільшення їхньої ефективності у роботі на згин. У випадках, коли необхідно підвищити опір згинальним моментам, запропоновано використовувати жорсткі конструкції для підсилення ґрунтоцементних елементів. Технологія цього підсилення показана на рис. 3.5 і описана в патенті України №84177 [104].

Після сформування ґрунтоцементної суміші з товщі ґрунту, бурову штангу з бурозмішувачем витягують, використовуючи обертання і осьове переміщення в зворотному напрямку буровим станком. При необхідності введення додаткової цементної суспензії та досягнення текучого стану ґрунтоцементної суміші використовується додаткова подача цементної суспензії. Вібратор 3, обладнаний фланцем 4, прикріплюється до перехідної муфти 1 механізму обертання 2 бурового станка.

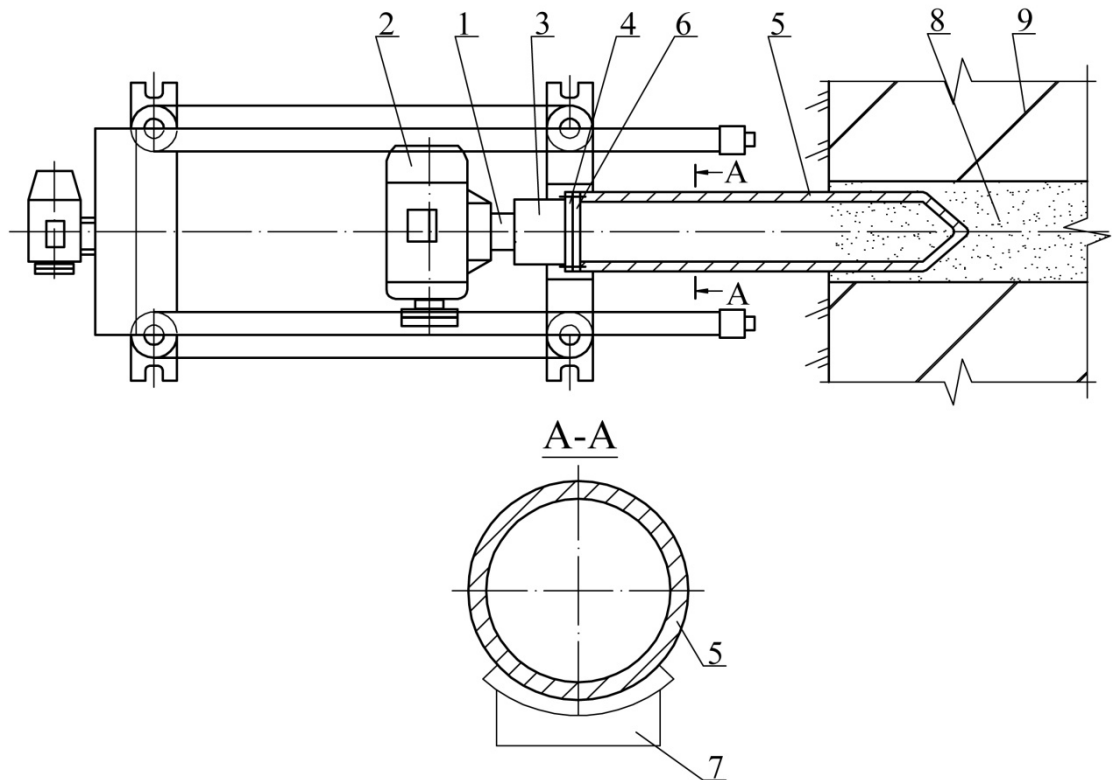


Рисунок 3.5 – Технологічна схема підсилення ґрунтоцементного армоелемента жорсткою конструкцією:

1 – перехідна муфта; 2 – механізм обертання робочого органу; 3 – вібратор; 4 – фланець вібратора; 5 – жорстка конструкція; 6 – вузол з'єднання жорсткої конструкції з вібратором; 7 - підставка; 8 – ґрунтоцементна суміш; 9 – ґрунтовий масив

До фланця вібратора кріплять жорстку конструкцію 5, якою може бути металева, залізобетонна, пластикова труба, арматурний каркас або будь-який прокатний профіль із відомими фізико-механічними характеристиками. З'єднання жорсткої конструкції із вібратором виконують за допомогою вузла 6 (фланці). При цьому передня частина секції опирається на підставку 7, яка закріплена на станині станка. Після завершення монтажу вузла жорсткої конструкції його занурюють в ґрунтоцементну суміш 8, сформовану в горизонтальному напрямку ґрунтової товщі 9 основи.

При зануренні конструктивного елемента слід враховувати, що ґрунтоцементна суміш перебуває в текучо-пластичному стані, і занурення може

відбуватися лише за участю силового зусилля при осьовому переміщенні каретки бурового станка. Але ґрунтоцементна суміш може частково тужити під час технологічних пауз, пов'язаних із переоснащенням технологічних процесів, наприклад, видалення чергової штанги під час витягання бурової колони із бурозмішувачем, приєднання жорсткої конструкції до вібратора тощо. При цьому частково тужалий матеріал може виявити опір при зануренні жорсткої конструкції. У такому випадку необхідно включати в роботу вібратор, який за допомогою вібрування дозволяє вільно занурювати жорстку конструкцію.

Занурення конструктивного елемента виконують посекційно; довжина кожної секції може складати до 2 метрів і більше, в залежності від умов стисненості. Секції готують заздалегідь і розподіляють на парні та непарні. На торцях парних секцій встановлюють втулки із нарізаних трубок за допомогою зварювання, тоді як на торцях непарних секцій кріплять відрізки стержнів для їхнього стикання і з'єднання під час занурювання. Початок першої секції має мати конусоподібну форму для направлення і центрування. Якщо труба використовується як жорстка конструкція, то при формуванні направляючої конусоподібної частини розрізи стінок труби слід виконати так, щоб при згині пелюсток між ними залишалися максимально можливі зазори. Це дозволить зменшити опір проникненню ґрунтоцементної суміші у порожнину труби під час її занурювання.

Ґрунтоцементна суміш, яка оточує жорстку конструкцію та заповнює її порожнину, проймає процес тужання та затвердіння з часом. У поєднанні з жорсткою конструкцією вона створює надійний армуючий елемент, призначений для ефективної роботи при згинальних навантаженнях. Використання армоелементів такого типу для армування основи фундаментів гарантує високу несучу здатність та надійну експлуатацію будівель.

3.2 Експериментальні дослідження технологічних процесів

Конструктивні рішення технологічного обладнання та комплектації визначають, перш за все, можливість впровадження розробленої технології горизонтального армування ґрунтів для підсилення основ будівель [106]. Крім того, вони повинні гарантувати ефективність застосування в умовах діючих об'єктів без припинення їхньої експлуатації та переселення мешканців, що часто виникає в умовах обмеженого простору. У таких сценаріях рекомендується використовувати вдосконалені компактні бурові станки для горизонтального буріння з метою формування горизонтальних паралельних ГЦЕ під фундаментами. Це може відбуватися в межах області будівництва, також безпосередньо під фундаментами, які розташовані в котлованах чи траншеях обмежених розмірів, будь-то зовнішніх структур поблизу будівлі чи всередині підвальних приміщень. При цьому зміцнення основ виконується без пошкодження будівельних конструкцій, включаючи підлоги, внутрішнє оздоблення і інше.

Розроблені та вдосконалені обладнання та технологічне оснащення були піддані експериментальній перевірці для оцінки їхньої працездатності та встановлення реальних технологічних параметрів.

3.2.1 Дослідження параметрів руху горизонтального станка

Після оснащення редукторів механізмів обертання та осьового переміщення робочого органу пасивними передачами з відповідними розрахунковими параметрами ведучих та відомих шківів, фактичні швидкості обертального і поздовжнього рухів бурозмішувача були перевірені та уточнені експериментальним шляхом.

Швидкість лінійного переміщення бурозмішувача визначалась шляхом одночасного включення пускача поздовжнього руху каретки механізму

лінійного переміщення бурового станка та активації секундоміра, який автоматично відключався при зупинці каретки, тобто в момент відключення кінцевим вимикачем. Швидкість визначалась за формулою $V = \ell / t$, де ℓ - довжина переміщення каретки, t - фіксований час, зафіксований секундоміром. Цей процес визначення лінійної швидкості повторювався п'ять разів для кожної з трьох введених передач механізму лінійного переміщення, і визначалося середнє значення.

Швидкість обертань бурозмішувача визначалась одночасним включенням пускача механізму обертання та відеокамери, яка була націлена на муфту з'єднання із бурозмішувачем. Запис обертань тривав 1 хвилину і повторювався кілька разів для кожної з трьох установлених передач механізму обертання. Отримані дані про швидкості лінійного переміщення та обертань бурозмішувача заносилися до таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Швидкості рухів бурозмішувача

Номер передачі	Швидкість лінійного переміщення $V, \text{м/хв}$	Швидкість обертань $n, \text{об/хв}$
I	0,44	86
II	0,68	112
III	0,92	138

3.2.2 Дослідження технології руйнування ґрунту

Однією з основних функцій буромішалки є руйнування та подрібнення ґрунту. Як вже зазначалося, якість просочування зруйнованого ґрунту цементною суспензією та рівень перемішування суміші залежать від ступеня різання та подрібнення.

Нижні лопаті запропонованого буромішалки поступово врізаються в ґрунт під час його обертання та осьового переміщення бурового станка, руйнуючи ґрунт на початковому етапі у формі конуса. Розглянемо схему різання та подрібнення ґрунту. На рис. 3.6 схематично показано переріз ґрунту на початковій стадії врізання та руйнування ґрунту. Для зручності аналізу фрагмент розрізу ґрунту умовно відображений у вертикальному вигляді. Поперечний переріз форми зруйнованого ґрунту має конусоподібну структуру. Висота конуса по осі h відповідає висоті нижньої лопаті, діаметр основи конуса d має розмір довжини середньої лопаті, а твірна конуса l відповідає довжині бокового ребра нижньої лопаті. Площа перерізу конуса врізання буромішалки в ґрунт утворює трикутник ABC , де кут при вершині конуса $\angle ACB = \alpha$.

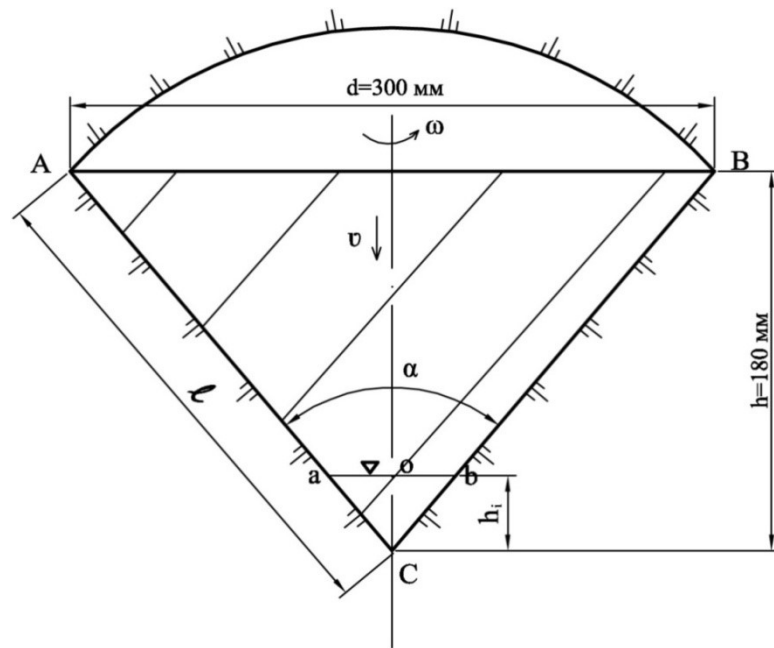


Рисунок 3.6 – Схема для визначення товщини стружки різання ґрунту при бурозмішувальній технології укріплення

Для визначення товщини різання стружки припускаємо, що буромішалка при обертанні із швидкістю ω об/хв і осьовому переміщенні v м/хв за один оберт врізається в ґрунт і утворює елементарну конічну поверхню із висотою h_i , елементарний розріз якого має форму елементарного трикутника abc . Товщина стружки, яка зрізається ножем ∇ бурозмішувача буде

дорівнювати катету ao елементарного трикутника aoc . З використанням співвідношення сторін Δaoc ми можемо отримати:

$$\nabla = ao = oc \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = h_i \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.1)$$

де h_i – висота конічної поверхні, яка відповідає глибині врізання (занурювання) буромішалки за один його оберт.

Вдосконалений станок горизонтального буріння обладнаний трьома режимами осьового переміщення: $v_1=0,44$ м/хв., $v_2=0,68$ м/хв., $v_3=0,92$ м/хв. та трьома режимами обертання бурозмішувача: $\omega_1=86$ об/хв., $\omega_2=112$ об/хв., $\omega_3=138$ об/хв. (див. табл. 3.3). У якості прикладу для розрахунку беремо середні значення швидкостей: $v_2=0,68$ м/хв. і $\omega_2=112$ об/хв. Довжина середньої лопаті, що визначає діаметр руйнування ґрунту i , отже, діаметр формування ГЦЕ, становить $d=300$ мм, а висота бурозмішувача нижньої секції дорівнює $h=180$ мм. З урахуванням цих конструктивних та технологічних параметрів час занурення нижньої лопаті бурозмішувача в ґрунт може бути розрахований за:

$$t = \frac{h}{v} = \frac{180 \text{ мм}}{680 \text{ мм/хв}} = 0,264 \approx 0,26 \text{ хв.} \quad (3.2)$$

Величина поглиблення лопаті бурозмішувача в ґрунт за один оберт визначається наступним чином:

$$h_i = \frac{v}{n} = \frac{680 \text{ мм/хв}}{112 \text{ об/хв}} = 6,1 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Тоді глибина різання стружки ґрунту буде визначена за формулою:

$$\nabla = h_i \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 6,1 \text{ мм} \cdot 0,833 = 5,1 \text{ мм.}$$

За наведеною вище методикою розраховані значення товщини різання стружки ґрунту в залежності від комбінації технологічних параметрів v та ω бурозмішувача при прийнятих його геометричних розмірах, які подані в табл. 3.5.

Таблиця 3.3 – Параметри різання стружки при відповідних швидкостях бурозмішувача

Висота нижньої лопаті бурозмішувача h , мм	Діаметр середньої лопаті бурозмішувача d , мм	Лінійна швидкість бурозмішувача v , м/хв	Швидкість обертання бурозмішувача ω , об/хв	Товщина стружки різання ґрунту ∇ , мм
180	300	0,44	86	4,3
		0,68	112	5,1
		0,92	138	5,6

Аналіз виразів 3.1-3.3 вказує на наступне: регулювання товщини різання стружки можна здійснити зміною кута α між вітками рычагів різання (див. рис. 3.1) при їх підніманні.

Згідно з виразом 3.1, при зменшенні кута α товщина стружки також зменшується. Технологічні параметри, такі як швидкості обертання та лінійного переміщення (див. табл. 3.4), також впливають на товщину різання стружки, проте їх вплив є невеликим.

Один з ключових показників технології армування ґрунтів - це продуктивність утворення ґрунтоцементного елемента (ГЦЕ). З виразу 3.2 випливає, що для мінімізації часу проходження бурозмішувача під час утворення ГЦЕ необхідно збільшувати його лінійну швидкість (v). Для поліпшення подрібнення ґрунту, ефективного просочування та ретельного перемішування ґрунтоцементної суміші, слід збільшувати швидкість обертань бурозмішувача. Параметри рухів вдосконаленого станка горизонтального буріння, які сприяють цим умовам, можуть бути оптимізовані на основі результатів досліджень процесу руйнування ґрунту. Таким чином, вивчення цього процесу дозволяє здійснити оптимізацію параметрів та процесів бурозмішування при горизонтальному армуванні ґрунтів.

3.3 Експериментальні дослідження процесу формування ґрунтоцементних армоелементів

На утворення ґрунтоцементного елемента (ГЦЕ) впливають численні фактори, серед яких основними є ґрунтові умови, вміст цементу у суміші ґрунт-цемент, процес перемішування суміші, умови тужавіння та твердіння ґрунтоцементної суміші, технологічні параметри та інші. Оскільки процес горизонтального укріплення ґрунтів за допомогою їх армування відбувається в обмеженому шарі по товщині, тобто формування ГЦЕ відбувається практично в однакових ґрунтових умовах, а вміст цементу визначається розрахунками відповідно до необхідних механічних характеристик, то процес утворення ГЦЕ в значній мірі залежить від технологічних аспектів. Це включає конструктивні рішення бурозмішувача, швидкість його обертань та лінійну швидкість при руйнуванні ґрунту, ступінь подрібнення зруйнованого ґрунту, ефективність просочування подрібненого ґрунту водоцементним розчином, якість перемішування ґрунтоцементної суміші та інші технічні аспекти [107].

Як вже зазначалося, товщина стружки при різанні ґрунту та інші технологічні параметри процесу бурозмішування безпосередньо залежать від швидкостей лінійного та обертального рухів бурозмішувача. Таким чином, в проведених дослідках детально аналізувалася залежність між утворенням ґрунтоцементного елемента (ГЦЕ) та формуванням механічних характеристик від технологічних параметрів.

3.3.1 Технологія формування експериментальних горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів

Були виготовлені три ґрунтоцементні елементи (ГЦЕ) довжиною по 6 метрів кожен, із зміненими технологічними параметрами на відповідних ділянках. Схема утворення ГЦЕ відповідно до вищевказаного представлена на

рисунку 3.16. Усі ГЦЕ виготовлені із однаковим вмістом цементу - 30% від маси сухого ґрунту. Іншими словами, складові вмісту ґрунтоцементної суміші були однаковими для всіх ГЦЕ: 30% цементу та 70% сухого ґрунту. Вказаний вміст цементу – 30% пояснюється в даному випадку. Бурозмішувальна технологія (БЗТ) використовується для різних цілей, включаючи армування ґрунтів для підсилення основ, де оптимальним вмістом цементу рекомендується до 20% [41], тоді як при використанні ГЦЕ у якості несучих конструкцій в залежності від розрахунків – 30-40%. Водоцементне відношення також було однаковим – $V/C=0,8$ – для цементного розчину у розчиномішалці, а з урахуванням природної вологості в масиві ґрунту V/C ґрунтоцементної суміші дорівнювало 1,2.

Маючи на увазі, що горизонтальні ґрунтоцементні елементи (ГЦЕ) знаходяться в шарі ґрунту товщиною 300 мм на глибині 1,5 метра від поверхні, можна вважати, що ґрунтові умови вздовж довжини елементів ідентичні. Ці умови відповідають значенням характеристик, представлених у таблиці 3.4.

Наведені характеристики ґрунтових умов практично відповідають типовим характеристикам лісових ґрунтів у середньому Придніпров'ї.

Процес формування ГЦЕ включав утворення трьох послідовних елементів: ГЦЕ №1, ГЦЕ №2 і ГЦЕ №3. Кожен елемент формувався при певній постійній швидкості обертань бурозмішувача вздовж всього профілю. Швидкості обертань для кожного елемента були відмінними: для ГЦЕ1 - $n_1=86$ об/хв, для ГЦЕ2 - $n_2=112$ об/хв, для ГЦЕ3 - $n_3=138$ об/хв.

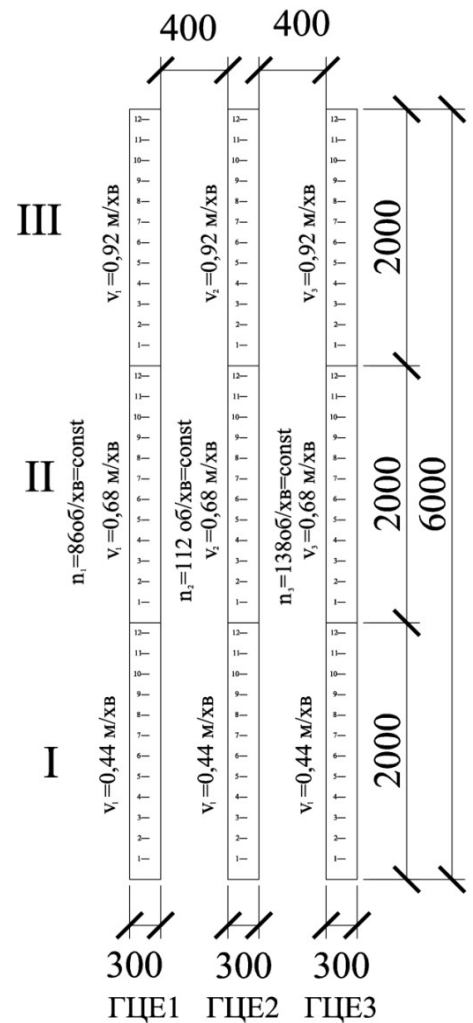


Рисунок 3.7 – Схема розташування ГЦЕ

Лінійні швидкості поздовжнього руху також були різними на кожній ділянці: $v_1=0,44$ м/хв, $v_2=0,68$ м/хв, $v_3=0,92$ м/хв. Після завершення формування ГЦЕ1 роботу бурового станка та розчинонасоса припиняли, а розчиномішалка продовжувала працювати для підтримки сталої консистенції водоцементного розчину на наступних ділянках. Потім встановлювали лінійну швидкість v_2 і відновлювали утворення ГЦЕ на ділянці II. Подібно продовжували формувати ГЦЕ на ділянці III після завершення утворення ГЦЕ2, і так далі. Змінюючи постійні значення одних технологічних параметрів і відповідні змінні значення інших параметрів, послідовно формувалися ГЦЕ з різними характеристиками, що відповідали різним технологічним параметрам.

Під час експериментальних досліджень важливо провести аналіз впливу технологічних факторів на ключові аспекти бурозмішування. Ці аспекти включають руйнування (різання) ґрунту, ступінь його подрібнення, ефективність просочування водоцементною суспензією, якість перемішування ґрунтоцементної суміші. Кожен із цих елементів безпосередньо впливає на процес утворення геоциментованих цементно-ґрунтових елементів (ГЦЕ) та визначає властивості утвореної ґрунтоцементної композиції. В рамках дослідження слід ретельно оцінити взаємодію кожного технологічного чинника із зазначеними процесами для повнішого розуміння механізмів та оптимізації формування ґрунтоцементних елементів.

Таблиця 3.4 – Характеристики ґрунту експериментального майданчика

Щільність ґрунту природного стану ρ , т/м ³	Щільність сухого ґрунту ρ_d , т/м ³	Щільність твердих часток ґрунту ρ_s , т/м ³	Вологість w , %	Коефіцієнт пористості e	Число пластичності I_p , %
1,472	1,344	2,629	10	0,97	9

Геозміцнені цементно-грунтові елементи (ГЦЕ) були відкриті за допомогою екскаватора і піддавалися подальшій ручній обробці. Візуальний огляд розкритих ГЦЕ підтвердив, що вони мають правильну круглу форму з діаметром $\varnothing 300$ і не мають порушень зовнішньої цілісності.

При проектуванні та застосуванні бурозмішувальної технології (БЗТ) у практиці виникають різноманітні питання щодо механічних характеристик ґрунтоцементу, включаючи опір зрушенню, твердість, міцність на стику та інші. Таким чином, стало необхідним провести дослідження впливу різних технологічних чинників на певні характеристики при формуванні геозміцнених цементно-ґрунтових елементів (ГЦЕ).

Аналіз впливу швидкості обертання та лінійної швидкості бурозмішувача на призмову міцність ґрунтоцементного композиту проводився шляхом відбору монолітів за допомогою електроперфоратора з пустотілою коронкою на ділянках, де змінювалися технологічні параметри, при віці 35 діб твердіння (рис. 3.26).

Зі зібраних монолітів були виготовлені циліндричні зразки (рис. 3.9), які піддавалися випробуванням на стиск за допомогою гідравлічного пресу. Навантаження застосовувалося до моменту руйнування зразка (рис. 3.10). Результати випробувань забезпечили середнє значення міцності на стиск ґрунтоцементного композиту на відповідних ділянках, які були узагальнені в таблиці, а також підкреслено графічно на рис. 3.11. Аналіз графіка свідчить про подібну тенденцію зміни міцності на стиск при зміні технологічних параметрів, а саме: збільшення лінійної швидкості бурозмішувача призводить до зменшення міцності ґрунтоцементного композиту. Це вказує на загальне погіршення процесів бурозмішування [108], таких як ступінь подрібнення ґрунту, ефективність просочування цементним розчином та якість перемішування ґрунтоцементної суміші.



Рисунок 3.8 – Процес відбору монолітів із ГЦЕ



Рисунок 3.9 – Відібрані та підготовлені зразки для



Рисунок 3.10 – Гідравлічний прес та зруйнований зразок

3.3.2 Контроль якості утворених експериментальних армоелементів

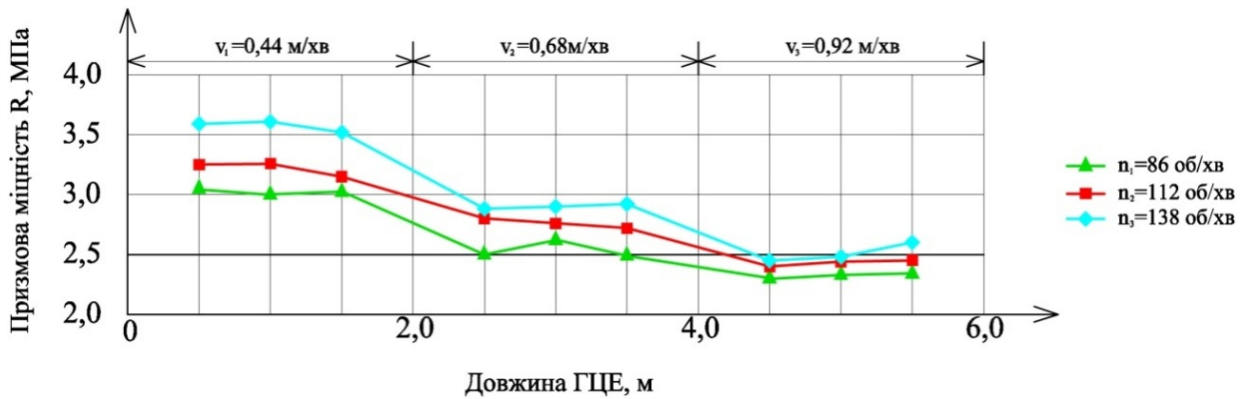


Рисунок 3.11 – Графік зміни призмової міцності по довжині ГЦЕ при зміні лінійної та обертальної швидкостей бурозмішувача (у віці 35 діб твердіння)

Контроль якості сформованих ГЦЕ відповідно до ДБН В.3.1-1-2002 [109] включав кілька етапів [110]:



Рисунок 3.12 – Процес перевірки суцільності ГЦЕ

Остання вимога перевірялася двома методами:

- перевірка геометричних характеристик на відповідність проектним розмірам;

- відбір зразків з ГЦЕ та їх лабораторне тестування на відповідність механічним характеристикам проекту;
- перевірка нерозривності (суцільності) ГЦЕ вздовж її довжини.
- отриманням циліндричних монолітів з тіла ГЦЕ з певним інтервалом по довжині (див. рис. 3.9);
- використанням акустичного методу за допомогою програмно-технічного комплексу РІТ-W, розробленого в США (рис. 3.12).

Обидва використані методи підтвердили, що порушення суцільності ствола ГЦЕ не виявлені, і довжина паль відповідає натурним розмірам.

3.3.3 Дослідження ізотропності ґрунтоцементу

Армування ґрунтів ґрунтоцементними елементами можливо використовувати для різних завдань, включаючи підсилення фундаментів, будівництво опорних стін [58], захист від зсувів будівель, розташованих на схилах, укріплення укосів насипів та виїмок [62], а також для інших цілей. У таких умовах орієнтація осьового моменту інерції ґрунтоцементних елементів може варіюватися в різних напрямках. При цьому напрямок осьового моменту опору повинен відповідати напрямку осьового моменту інерції. Оскільки загалом ситуація з потрібними орієнтаціями напрямків осьових моментів опору невідома, тобто в кожному випадку конкретна, можна зробити припущення, що для сприйняття навантажень в загальних умовах ґрунтоцементні елементи мають властивості ізотропії. Таким чином, дослідження ізотропії ґрунтоцементних елементів є необхідним.

Відомо, що природний ґрунт, через умови його формування, має неоднорідні властивості в різних напрямках, і, отже, відзначається анізотропією. За використання бурозмішувальної технології природний ґрунт руйнується, подрібнюється, просочується водоцементним розчином, а

грунтоцементна суміш переміщується і затвердіває з часом, що призводить до вирівнювання властивостей грунтоцементного елемента в різних напрямках.

Дослідження проводили за наступною методикою. Ділянки зміни технологічних параметрів грунтоцементного елемента (ГЦЕ) були розрізані, а торці підготовлені для подальших вимірювань. Для цього перерізи маркувалися кожні 3 см у двох взаємно перпендикулярних напрямках, в точках яких за допомогою приладу "Онiкс-2,5" проводили вимірювання твердості грунтоцементних армоелементів. Отримані результати вимірювань використовувались для побудови графіків розподілу твердості у двох напрямках перерізу. Зображення результатів досліджень представлені на рис. 3.13.

Аналіз результатів проведених досліджень свідчить, що відмінність у твердості грунтоцементу в двох напрямках не перевищує 5%. Це дозволяє зробити висновок: по-перше, застосування вдосконалених бурозмішувальних процесів і використання розробленої трилопатевої конструкції бурозмішувача призводять до рівномірного розподілу частинок цементу по перерізу; по-друге, бурозмішувальні процеси сприяють переходу від анізотропії природного ґрунту до ізотропного стану грунтоцементу у виготовлених армоелементах.

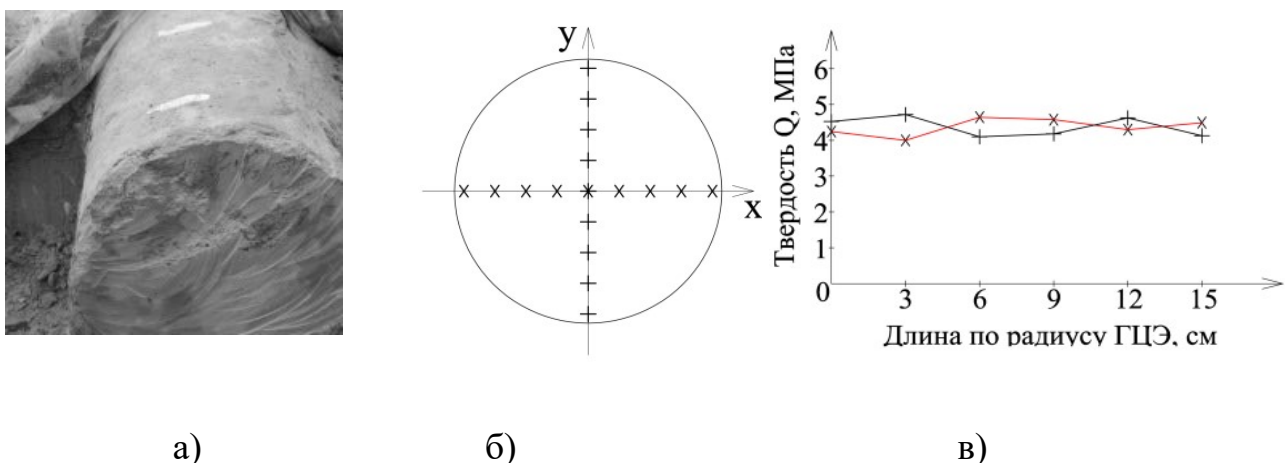


Рисунок 3.13 – Розподіл твердості грунтоцементу по перерізу ГЦЕ: а) підготовлена торцева поверхня до дослідження твердості; б) точки вимірів твердості в напрямках по осях x , y ; в) середньо-вважений розподіл твердості ГЦЕ в горизонтальному і вертикальному напрямках по перерізу

3.4 Технологія відновлення деформованих будівель та об'єктів реконструкції в стиснених умовах

В останні роки збільшилась активність у сфері реконструкції об'єктів, внаслідок чого капітальне будівництво зазнало скорочення. Мети та завдання, пов'язані із збільшенням навантажень на основи при реконструкції, різноманітні і можуть включати надбудови поверхів, заміну дерев'яних перекриттів на залізобетонні, встановлення додаткового обладнання тощо. Виникає питання компенсації додаткових навантажень на основи. Інша проблема реконструкції пов'язана із виконанням робіт в обмежених умовах. Третя проблема – збереження навколишнього середовища, зокрема, максимально можливе збереження зелених насаджень. При реконструкції важливо уникнути пошкодження навколишніх будівель, споруд, комунікацій та інфраструктури. Це породжує питання використання сучасної будівельної техніки та технологій, які зазвичай орієнтовані на великі обсяги робіт та вимагають значних просторових ресурсів. Використання таких технік у стиснених умовах, наприклад, усередині приміщень або підвалів, є проблематичним. Часто виникає завдання здійснення реконструкції в умовах діючого виробництва без припинення експлуатації або відселення мешканців з житлових будівель. Це ставить перед науковцями, дослідниками, проектувальниками та конструкторами завдання розробки технік та технологій, придатних для роботи в обмежених умовах, а також врахування вищезазначених вимог до продуктивності, якості та надійності.

Нами розроблена технологія підсилення основ при реконструкції та захисту пошкоджених будівель від подальших деформацій в стиснених умовах, що зазначена на технологічній схемі (рис. 3.14) і описана на рівні винаходу (патент України №83660) [112]. Процес включає в себе наступні етапи. Для виготовлення горизонтальних армуючих ґрунтоцементних елементів при підсиленні основ під фундаментами, необхідно викопати котлован 1 за межами будівлі.

У зв'язку із обмеженою просторовою доступністю на будівельному майданчику, необхідно розмістити укіс котловану якнайближче до поздовжнього зовнішнього обрізу фундаменту 2 та забезпечити мінімальний кут відхилення, що майже паралельний вертикальному напрямку.

Для забезпечення необхідної несучої здатності фундаментів горизонтальне армування ґрунтів може виконуватись у кілька ярусів по висоті, що вимагає відповідної глибини котловану для розміщення цих ярусів [113].

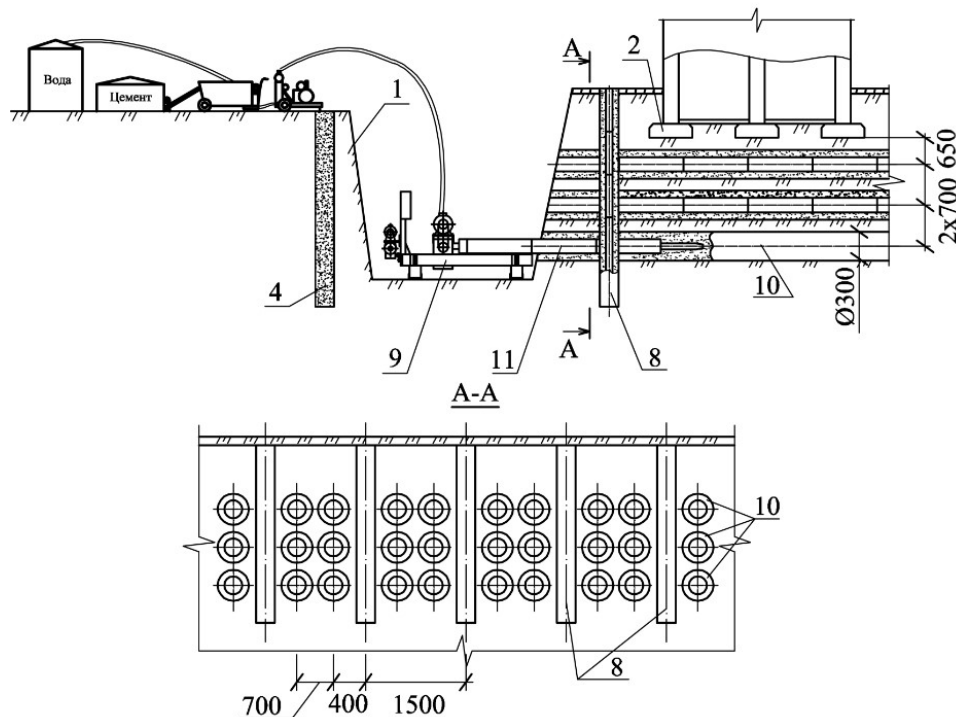


Рисунок 3.14 – Технологічна схема підсилення основи при реконструкції та захисті будівель в стиснених умовах:

а) укріплення укосів котловану та влаштування горизонтальних армоелементів; б) влаштування підпірної стінки фундаментів; в) підсилення вертикальних ґрунтоцементних елементів жорсткими конструкціями; 1 – котлован; 2 – фундамент; 3 – станок вертикального буріння; 4 – вертикальні ГЦЕ; 5 – підсилюючі вертикальні жорсткі елементи; 6 – колона бурових штанг; 7 – вертикальна текучопластична ґрунтоцементна суміш; 8 – вертикальний елемент підпірної стінки; 9 – станок горизонтального буріння; 10 – горизонтальні ГЦЕ; 11 – яруси горизонтальних ГЦЕ; 12 – підсилюючі горизонтальні жорсткі елементи; 13 – горизонтальна текучопластична ґрунтоцементна суміш

При цьому необхідно забезпечити стійкість укосів котловану, які повинні бути мінімальними через обмежену просторову доступність, та забезпечити захист фундаментів від можливого зсуву. Розрахунок несучої здатності основи, включаючи визначення кількості рядів та їх стійкості, є ключовим етапом в даному процесі.

Розроблена технологія укріплення укосів в стиснених умовах за допомогою вертикальних ґрунтоцементних елементів є ефективною, оскільки базується на бурозмішувальному методі укріплення ґрунтів. Ця технологія є найбільш доцільною, оскільки вона використовує той же метод, той самий інструментарій та обладнання, що і горизонтальне армування при підсиленні фундаменту будівлі, яка піддається реконструкції, за винятком бурової установки. Для влаштування вертикальних ґрунтоцементних елементів використовується компактний вертикальний буровий станок, який прилаштований до бурозмішувальної технології.

Відповідно до проекту, за межами майбутнього котловану по його контуру виконують улаштування одного або кількох рядів вертикальних ґрунтоцементних елементів за допомогою станка вертикального буріння 3. Кількість рядів визначається розрахунками. Технологія влаштування вертикальних ґрунтоцементних елементів 4, здійснювана станком вертикального буріння, аналогічна горизонтальній технології, відрізняється лише тим, що ґрунт руйнують, подрібнюють та перемішують із в'язким розчином у вертикальному напрямку. У разі потреби вертикальні ґрунтоцементні елементи 4 підсилюють жорсткими конструктивними елементами 5 у вигляді арматурних каркасів, труб та інших металевих або пластикових матеріалів. Підсилення ґрунтоцементного елемента виконується шляхом видалення колонни бурових штанг 6 після завершення перемішування ґрунтоцементної суміші, яка знаходиться в текучопластичному стані. Спосіб включає занурення підсилюючого елемента 5 шляхом задавлювання його станком вертикального буріння. Процес занурення може виконуватися за допомогою вібратора або комбінацією тискового зусилля станка та вібрування.

Вертикальні ґрунтоцементні елементи також застосовують для створення підпірної стінки фундаментів 8, щоб захистити їх від зсувів. Аналогічно, цю підпірну стінку можна підсилити конструктивними елементами високої міцності та жорсткості. Можливо влаштовувати підпірну стінку безпосередньо біля обрізів фундаментів (див. рис. 3.14б, в), завдяки малим розмірам вертикального бурового станка, порівняно невеликій вазі та його мобільності.

Після закріплення укосів вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) 4 майбутнього котловану 1 та влаштування підпірної стінки фундаментів 8 розпочинається процес відкопування котловану. При цьому кути укосів котловану можуть бути мінімальними або взагалі вертикальними (рис. 3.15), що відображає фрагмент підсилення основи деформованої будівлі в стиснених умовах за допомогою компактного обладнання після укріплення бортів вертикальними ґрунтоцементними елементами.

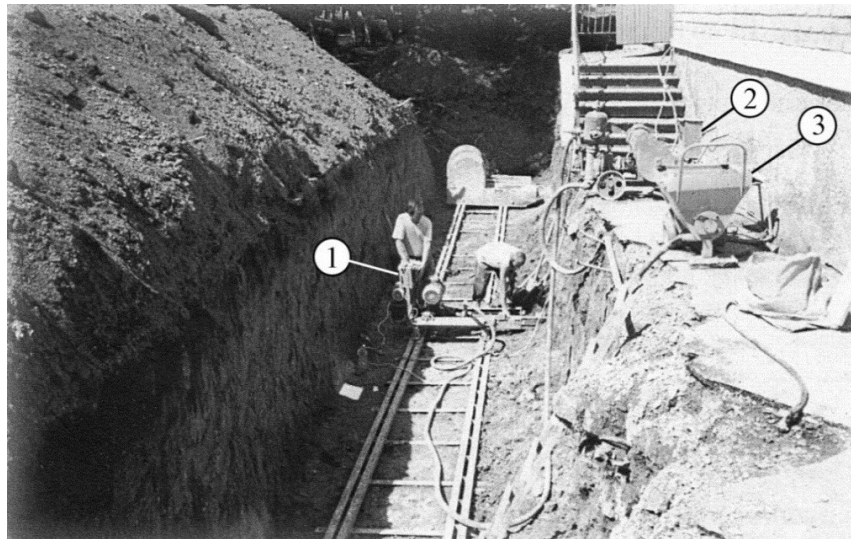


Рисунок 3.15 – Підсилення основи фундаментів горизонтальним армуванням ґрунтів при відновленні деформованої будівлі в стиснених умовах:
1 – станок горизонтального буріння; 2 – розчинонасос; 3 - розчиномішалка
Вищезазначений метод підсилення фундаментів може бути використаний

Укріплені борти котловану дозволяють зберігати ґрунт на місці, а не вивозити його, розташовуючи його поблизу котловану. На дні котловану розміщують

рейкові напрямні для руху та фіксації бурових станків для горизонтального буріння 9 та розпочинають влаштування горизонтальних армуючих ґрунтоцементних елементів 10. Важливо враховувати це при розробці проектної документації. однаково ефективно як при відновленні пошкоджених або аварійних будівель та споруд, так і під час реконструкції об'єктів [114].

При реконструкції будівель, де передбачається значне збільшення навантажень, наприклад, при додаванні декількох поверхів, шляхом розрахунків визначається кількість рядів (ярусів) по висоті ґрунтоцементних елементів. Ці елементи також можна підсилити за допомогою конструктивних елементів високої міцності та жорсткості 12 (див. рис. 3.30), які занурюють у текучопластичну суміш 13 відразу після видалення горизонтальної колони бурових штанг і бурозмішувача.

Необхідно підкреслити, що технологія бурозмішування, яка застосовується як для вертикального, так і для горизонтального армування, включає в себе етапи вологого процесу. Тому під час влаштування ґрунтоцементних армоелементів слід встановлювати певний порядок чергування, щоб уникнути зайвого зволоження основних ґрунтів. Наприклад, армувальні елементи слід формувати уздовж фундаментів в одному напрямку у парному порядку, а в протилежному напрямку - у непарному. Додатково, процес армування основ повинен супроводжуватися геодезичним наглядом за будівлями для виявлення можливих додаткових осідань. Для цього можна використовувати вимірювально-інформаційну автоматизовану систему "Моніторинг", розроблену Запорізьким відділенням НДІБК [115]. У випадках виявлення непередбачених осідань фундаментів слід оперативно визначати причину цього явища та вносити необхідні корекції у технологію влаштування ґрунтоцементних елементів.

Для проведення геодезичного моніторингу можливих додаткових осідань фундаментів через часткове зволоження ґрунтів, на цокольній стіні будівлі розміщують геодезичні марки з визначеним інтервалом, наприклад, зафіксовуючи мірні стрічки.

Після завершення виконання проектного обсягу армуючих ґрунтоцементних горизонтальних елементів переходять до закриття котловану, використовуючи пошарове наповнення ґрунтом і подальше його ущільнення одним із відомих методів до щільності ґрунту в сухому стані $\rho_d=1.60\dots 1.65$ г/см³.

Висновки за розділом 3:

1. Розробка та використання конструкції трилопатевого бурозмішувача змінює методи бурозмішувальних процесів технології горизонтального армування ґрунтів, зокрема:
 - різання ґрунту відбувається через поступове занурення породоруйнівних ножів з поступовим збільшенням діаметра руйнування;
 - кожен елементарний об'єм зруйнованого ґрунту піддається багатократній обробці під час занурювання та обертання бурозмішувача, включаючи подрібнення, просочування водоцементною суспензією та перемішування суміші.
2. Експериментальні дослідження розроблених і вдосконалених технологічних обладнань та пристроїв підтвердили значне підвищення функціональних можливостей, таких як:
 - збільшення довжини утворення ґрунтоцементних елементів до 20 метрів, замість 12 метрів при задовільному навантаженні на буровий станок;
 - підвищення швидкостей руху бурозмішувача, включаючи обертання в межах 86–138 обертів за хвилину замість 60 обертів за хвилину, та лінійного переміщення від 0,44 до 0,92 метра в секунду замість 0,36 метра в секунду;
 - уникнення виникнення "мертвих зон" при формуванні горизонтальних ґрунтоцементних елементів.
3. Експериментальні дослідження підтвердили вплив технологічних факторів на механічні характеристики ґрунтоцементу:

- зі збільшенням швидкості обертання бурозмішувача (в межах 86–130 обертів за хвилину) питомий опір зрушенню, твердість та призмova міцність зростають на 25–30%;

- при збільшенні лінійної швидкості вказані механічні характеристики, навпаки, зменшуються на 20–25%, що свідчить про погіршення якості бурозмішувальних процесів.

4. Під час визначення необхідного вмісту цементу у ґрунтоцементній суміші була вивчена залежність призмovoї міцності R_p та модуля деформації E від вмісту цементу. Виявлено, що збільшення вмісту цементу до 25% від маси ґрунту в сухому стані призводить до лінійного зростання R_p і E до значень відповідно 3,3 та 410 МПа. Подальше збільшення уповільнюється, відхиляючись від лінійної закономірності.

5. Удосконалена технологія горизонтального армування ґрунтів виявилася ефективною при підсиленні основ деформованих будівель та реконструкції будівель в стиснених умовах.

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ І ІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ

4.1 Сфера застосування горизонтального армування ґрунтів ГЦЕ

Необхідність покращення характеристик ґрунтів для зміцнення фундаментів виникає у зв'язку з широкою поширеністю деформованих будівель і споруд [116]. Головною причиною цього є уражені будівлі, які стикаються з нерівномірними деформаціями основ фундаментів через вплив різноманітних факторів, що призводять до погіршення властивостей ґрунтів. Це часто відбувається через нерівномірне замочування основ або неналежну підготовку їх до експлуатації. Обидва ці чинники досить поширені в Україні, особливо з урахуванням того, що близько 80% площі складають ґрунти, які не є сприятливими для будівництва і експлуатації будівель з різних поглядів [6]. Ці умови призводять до значної кількості пошкоджених будівель, що становить близько 80% і вимагає проведення ремонтних та відновлювальних робіт [90].

В якості прикладу зазначимо лише один регіон - Запорізьку область, де лише у місті Запоріжжя зафіксовано понад 200 пошкоджених будівель та споруд [91]. Будівлі піддаються різноманітним видам деформацій, таким як прогини, вигини, кручення, але найбільш поширеною є деформація типу крену. Кількість об'єктів, які зазнали кренів із перевищенням норм на 2...4 рази, складає близько 60 [89].

Існують різні технології усунення або зменшення впливу чинників, які призводять до деформацій будівель. Із відомих методів найбільш ефективним, на нашу думку, є спосіб виправлення деформацій будівель та споруд, розроблений на основі управління жорсткістю основи фундаментів [117]. Цей метод реалізується шляхом керованої нерівномірної горизонтальної перфорації відповідного шару ґрунту під фундаментами шляхом буріння горизонтальних

свердловин змінних параметрів. Завдяки керованому стисканню перфорованого шару ґрунту відбуваються контрольовані осідання фундаментів, які призводять до усунення крену будівлі. Однак при цьому відбувається ослаблення перфорованого шару основи, який необхідно підсилити негайно після усунення деформації будівлі. В цьому випадку, укріплення ґрунтів як перфорованого шару, так і основи в цілому, найбільш ефективно здійснюється за допомогою горизонтального армування ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) технологією, розробленою здобувачем у процесі написання дисертації. Приклади впровадження цього методу відновлення деформованих об'єктів представлені у публікації [118].

Використання цієї технології для підсилення основ виявляється не лише в області захисту будівель від деформацій, але і в реконструкції об'єктів [119]. Зокрема, вона успішно використовується при надбудові поверхів, заміні перекриттів та покрівель на залізобетонні, а також при встановленні додаткового обладнання, що супроводжується підвищенням навантажень на основу. Для компенсації дефіциту несучої здатності основи надійним і ефективним методом підсилення є горизонтальне армування ґрунтів ГЦЕ. Що стосується особливостей цього методу, його привабливість полягає в простоті, технологічності, економічності та надійності. Крім того, використання даного підходу дозволяє проводити зміцнення основи без зупинки функціонування об'єкта реконструкції. Один із ілюстративних прикладів успішного впровадження цього методу в реконструкції є надбудова третього поверху будівлі поліклініки центральної лікарні ім. Гусака у м. Донецьк. Цей проект був успішно виконаний генпідрядником — будівельним підприємством ООО СКК „Белый мост”, спільно з Запорізьким відділенням НДІБК, за участю здобувача, у 2009-2010 роках. На сьогоднішній день третій поверх поліклініки успішно функціонує, що свідчить про ефективність використання даної технології.

Україну чекає обширна реконструкція житлових малометражних 5-поверхових будинків масового забудови 50–60-х років ХХ століття. Горизонтальне армування ґрунтів ГЦЕ, як один із найбільш економічних та водночас

надійних методів підсилення основ при надбудові поверхів за умови максимального збереження існуючих конструкцій, таких як фундаменти, може бути вигідно використано. Цей підхід дозволяє здійснювати роботи з мінімальним відселенням мешканців та з максимальним збереженням оточуючої інфраструктури.

Вимоги до технологій відновлення деформованих будівель та реконструкції регламентовані згідно з ДБН В.3.1-1-2002 [109], до яких успішно адаптована удосконалена методика підсилення основ горизонтальним армуванням ґрунтів.

Горизонтальне армування ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) також є прийнятним у сфері капітального будівництва для підготовки основ, особливо на територіях з якісними ґрунтами, але які включають лінзи слабких ґрунтів або верхні шари, що мають суглинки I типу просадочності.

4.2 Рекомендації по вибору та застосуванню раціональних технологічних рішень горизонтального армування ґрунтів

Основна ідея бурозмішувальної технології зміцнення ґрунтів була розглянута у попередніх розділах. Широкий спектр ґрунтів, таких як структурно-нестійкі, слабкі ґрунти, ліси, лісові суглинки та супіски, майже всі піддаються підсиленню горизонтальним армуванням за допомогою ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) [120]. Технологія бурозмішування застосовна для вологих ґрунтів, включаючи ті, що перебувають нижче рівня ґрунтових вод. Багаторічні наукові дослідження свідчать, що ґрунти, оброблені за допомогою бурозмішувальної технології, залишаються стійкими у воді. Навіть після численних років знаходження води вздовж ґрунтоцементних зразків не призводило до змутнення води, і механічні характеристики залишалися стійкими, а з часом навіть покращувалися.

Підрядна компанія, що впроваджує технологію горизонтального армування ґрунтів, розробляє проект виконання робіт (ПВР) на основі аналізу проектної документації з підсилення фундаменту, яка була розроблена кваліфікованими фахівцями, що мають експертизу в області механіки ґрунтів, основ та фундаментів. При цьому ПВР повинен бути створений з урахуванням висновків, представлених у попередніх розділах цього дослідження, а також рекомендацій, які будуть викладені у подальших розділах даної роботи.

В першу чергу необхідно визначитись із напрямком утворення ярусів ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ), які визначені в проекті. Кількість цих ярусів визначає глибину котловану для їх влаштування і служить основою для висновків щодо необхідності застосування засобів для забезпечення стійкості фундаментів та укосів котловану. Яруси ґрунтоцементу можна утворювати як "зверху-вниз", так і "знизу-вгору". Утворення ярусів "знизу-вгору" є більш технологічним за підсилення фундаментів. Технологія утворення ґрунтоцементних елементів в цьому напрямку наведена в розділі 4.3, де вказано, що перед викопкою котловану необхідно влаштувати підпірну стінку фундаментів та здійснити укріплення майбутніх укосів котловану. Технологія виконання цих заходів наведена в розділі 3.4. Важливо враховувати економічні та технічні аспекти, а також умови відновлення будівель чи об'єктів реконструкції при визначенні оптимальної брівки котловану, спрямованої на зменшення загальної довжини армоелементів. Максимальне приближення брівки к фундаментам має бути обґрунтовано стійкістю фундаментів, зокрема створенням захисних стін з вертикальних ґрунтоцементних елементів, які, за необхідності, можуть потребувати додаткового підсилення твердими конструкціями (див. розділ 3.4). Звертаємо увагу на те, що якість утворення підпірної стінки фундаментів є ключовим конструктивним та технологічним елементом при врахуванні питань надійності та безпеки при виконанні робіт з підсилення основ. Це особливо актуально, оскільки такі роботи можна проводити без зупинки діяльності об'єктів, включаючи відселення мешканців, що є досить поширеним на практиці. Укріплення укосів котловану і влаштування

підпiрної стiнки фундаментiв рекомендується виконувати за технологiєю бурозмiшування. Цей метод є найбільш доцiльним у даному випадку, оскiльки вiн використовує однакову технологiю, обладнання та iнструменти, що i горизонтальне армування, за винятком бурового станка. Для цих робiт ми розробили i виготовили вертикальний буровий станок (див. мал. 3.9; 3.10).

При вiдновленнi пошкоджених будiвель, де укрiплення ґрунтiв горизонтальним армуванням частiше виконується в умовах обмеженого простору, рекомендується використовувати компактнi розчиномiшалки та розчинонасоси. У таких умовах, коли фундаменти захищенi вiд зсуву та укрiпленi вертикальними елементами ґрунтоцементу, можливо викопувати котлован iз вертикальними стiнками, а вивезти видобутий ґрунт не на велику вiдстань, а використовувати його для наземного вiдкладання без ризику обвалення стiнок котловану вiд додаткового тиску, створеного вилученим ґрунтом. Впровадження такого технологiчного пiдходу дозволяє економити не лише на транспортних витратах для вивезення та доставки ґрунту при закриттi котловану, але й забезпечує технологiчнiсть виконання робiт. Зокрема, при багаторувному утвореннi ґрунтоцементних елементiв виникає необхiднiсть пiдвищувати рiвень дна котловану кiлька разiв для розташування вищерозташованих ярусiв, що досягається за допомогою вiдкладання та ущiльнення ґрунту, що вже видалений iз котловану, на прилеглий територiї, безпосередньо поруч iз самим котлованом.

Ключовим етапом при укрiпленнi ґрунтiв горизонтальним армуванням ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) є їх виготовлення, механiчнi параметри яких повиннi вiдповiдати визначеним у проектi значенням. Пiд час вирiшення цього завдання слiд точно визначити вiмiст складових ґрунтоцементної сумiшi, методика розрахунку якої розкрита у пунктi 2.4.3. Основною величиною, яку слiд брати за основу, є проектна пробiйна мiцнiсть ґрунтоцементу, що передбачається в основному вiмiстом цементу. Оскiльки укрiплення фундаментiв може вiдбуватися в рiзних умовах ґрунту, то на кожнiй дiлянцi перед виконанням проектних рiшень iз врахуванням конкретних ґрунтових умов

слід провести експериментальні дослідження для оптимізації технологічних параметрів та визначення характеристик укріплених ґрунтів (відповідно до пункту 3.3.5). Це забезпечить відповідність отриманих результатів проектним вимогам на кожному етапі робіт.

Процес утворення ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) під час армування ґрунтів під впливом технологічних параметрів руху бурозмішувача є важливою частиною робіт. Формування ГЦЕ відбувається під час лінійних і обертальних рухів бурозмішувача, починаючи з переміщення першої бурової штанги. При поглибленні бурозмішувача в горизонтальному напрямку на 0,3...0,5 м, рекомендується створити тампон навколо бурової штанги з діаметром на 20...30% більшим, ніж діаметр утворюючого армоелемента. Це необхідно для запобігання витіканню цементної суспензії, яка подається під тиском до бурозмішувача. Тампон формується за допомогою ущільнення вологої ґрунтової маси навколо обертаючої бурової штанги.

При осьовому русі бурозмішувача встановлюється оптимальна лінійна швидкість в межах 0,44-0,68 м/хв (залежно від стану ґрунту), при максимальній швидкості обертання в межах 112-138 об/хв. Це рівновага рухів, необхідна для забезпечення якісних технологічних процесів буріння: мінімальна лінійна швидкість дозволяє ефективно роздробити руйнований ґрунт, що сприяє кращому проникненню водоцементної суспензії. Максимальні оберти забезпечують ефективне перемішування ґрунтоцементної суміші. Оптимальна осьова швидкість разом з максимальною швидкістю обертання, визначеними для покращеного нами станка горизонтального буріння, допомагають уникнути "мертвих зон" у ГЦЕ, де цементна суспензія може недостатньо або взагалі не потрапляти. При зворотному русі бурозмішувача для прискорення його витягання на поверхню буровими штангами задають максимальну осьову швидкість і середню швидкість обертання для ефективного перемішування ґрунтоцементної суміші.

Організація та технологія виконання робіт розпочинаються із проведення підготовчих заходів: позамайданчикових та внутрішньомайданчикових дій, підготовки устаткування та технологічного оснащення, а також заготівлі необхідних матеріалів [134].

До заходів позамайданчикового характеру входить встановлення тимчасових ліній електропередачі, водопроводу та інших інженерних систем.

До внутрішньомайданчикових заходів включається очищення території будівельного майданчика та створення необхідних умов для зберігання та складування матеріалів.

Підготовка території для проведення робіт з укріплення фундаментів включає в себе ряд заходів: переміщення або захист існуючих інженерних комунікацій, очищення майданчика від сміття, облаштування огорожі, встановлення технологічної лінії та організація місця для зберігання будівельних матеріалів.

Підсилення фундаментів для захисту будівлі від подальших деформацій включає в себе наступні етапи:

1. Установка станків для вертикального буріння.
2. Створення дискретної підпірної стінки для фундаментів.
3. Укріплення майбутніх нахилів котловану.
4. Демонтаж станків вертикального буріння
5. Розробка котловану до першого (нижнього) рівня влаштування ГЦЕ та його дороблення вручну.
6. Установка технологічної лінії, включаючи стани горизонтального буріння, мішалок для розчину, насосів для розчину і рейкових напрямних.
7. Влаштування першого ряду ГЦЕ.
8. Демонтаж технологічної лінії
9. Зворотне засипання котловану ґрунтом з пошаровим ущільненням до другого рівня влаштування ГЦЕ.
10. Установка технологічної лінії.
11. Влаштування другого ряду ГЦЕ.

12. Демонтаж технологічної лінії
13. Зворотне засипання котловану ґрунтом з пошаровим ущільненням до третього рівня влаштування ГЦЕ.
14. Установка технологічної лінії.
15. Влаштування третього ряду ГЦЕ
16. Демонтаж технологічної лінії
17. Зворотне засипання котловану з пошаровим ущільненням ґрунту до щільності 1,6 г / см³ в сухому стані.

Перед початком робіт здійснюється очищення території, а за необхідності проводиться руйнування відмостки. Наступним кроком є підведення тимчасових комунікацій, зокрема: подача водопроводу для забезпечення водою робочої площадки та підведення електролінії напругою 380В. Температура постачаної води регулюється в залежності від сезону виконання робіт. Для безпеки робітників робочий майданчик обгороджується тимчасовим парканом або будівельною стрічкою. Схема будівлі та робочого майданчика подана на рис. 4.6.

Ураховуючи, що заходи з відновлення пошкоджених будівель виконуються переважно в обмежених умовах, котлован для проведення горизонтального армування повинен мати обмежені розміри. Це вимагає, по-перше, обмеження величини укосів, наближених до вертикальних, а по-друге, максимального наближення брівки котловану до фундаментів будівлі. Така ситуація вимагає укріплення майбутніх укосів котловану перед його відкопуванням і влаштування підпірної стінки фундаментів, яке реалізується за допомогою малогабаритних станків вертикального буріння.

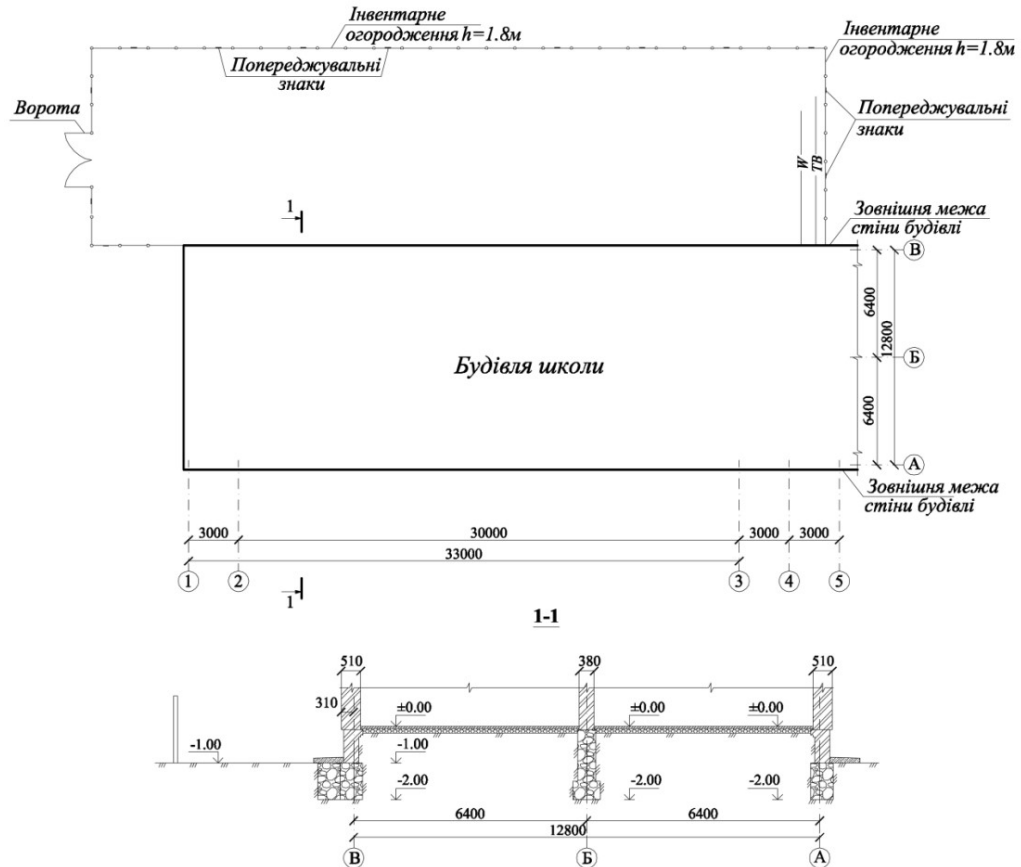


Рисунок 4.1 – Схема будівлі та робочого майданчика:
 W – електролінія напругою 380В; ТВ- тимчасовий водопровід

Монтаж вертикальних бурільних станків для створення дискретної підпірної стінки фундаментів і підсилення укосів майбутнього котловану проводиться механізовано, оскільки верстати є самохідними. Перед влаштуванням вертикальних ГЦЕ проводиться розмітка місць їх розташування. Технологія влаштування підпірної стінки фундаментів і укріплення укосів котловану подана в п.3.4. Схема розташування обладнання та інструменту представлена на рис.4.2. Технологічні процеси підготовки та підсилення основ горизонтальним армуванням ґрунтів зображені на рис.4.3-4.11. Відповідні технологічні процеси позначено на підписуночних підписах технологічних схем. Технологічна схема влаштування вертикальних ГЦЕ представлена на рис.4.3. Після завершення влаштування вертикальних ГЦЕ верстати вертикального буріння демонтують, і подальші роботи розпочинаються після технологічної перерви тривалістю 10 діб для досягнення міцності вертикальних ГЦЕ.

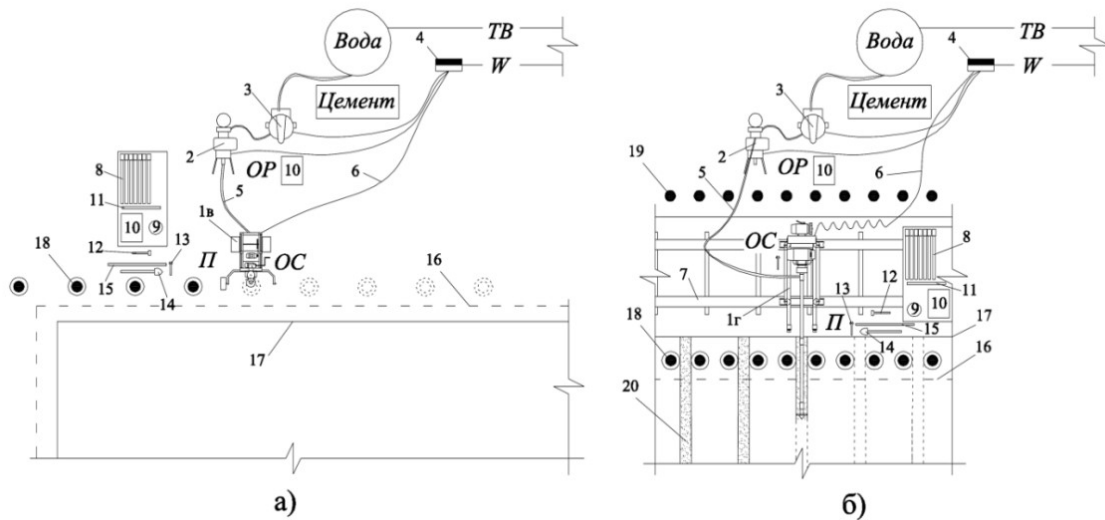


Рисунок 4.2 – Схеми розміщення обладнання, інструментів та операторів:
 а) для влаштування підпірної стінки та зміцнення укосів котловану; б) для влаштування горизонтальних ГЦЕ; 1в – станок вертикального буріння; 1г – станок горизонтального буріння; 2 - розчинонасос; 3 – розчиномішалка; 4 – електричний шкаф з рубильником; 5 - рукав; 6 – силовий кабель; 7 – рейкові напрямні; 8 – бурові штанги; 9 – відро; 10 – набір інструментів; 11 – рівень; 12 – ключ; 13 – молоток; 14 – лопата; 15 – лом; 16 – контур фундаменту; 17 – контур будівлі; 18 – ГЦЕ підпірної стінки фундаменту; 19 – ГЦЕ укріплення укосів котловану; 20 – горизонтальний ГЦЕ; ОС – оператор станка; П – підсобник; ОР – оператор розчиномішалки та розчинонаосу; W – електролінія напругою 380В; ТВ – тимчасовий водопровід; W – електролінія напругою 380В; ТВ – тимчасовий водопровід

Наступним етапом є розробка котловану, порядок якого залежить від обраної схеми виконання рядів горизонтально-циліндричних елементів (ГЦЕ) для укріплення ґрунтів у напрямках "зверху-вниз" або "знизу-угору". З урахуванням вже здійсненого укріплення укосів котловану та влаштування підпірної стінки фундаментів, визначено, що більш технологічною є схема горизонтального влаштування ГЦЕ у напрямку "знизу-угору". Обравши цю схему, розробляють котлован до рівня влаштування 1-го нижнього ряду горизонтальних ГЦЕ, при цьому дно котловану повинно бути на 100 мм нижче відмітки низу ГЦЕ (рис.4.9-4.11). Ґрунт під час розробки котловану залишають на поверхні біля брівки котловану, оскільки борти котловану вже укріплені.

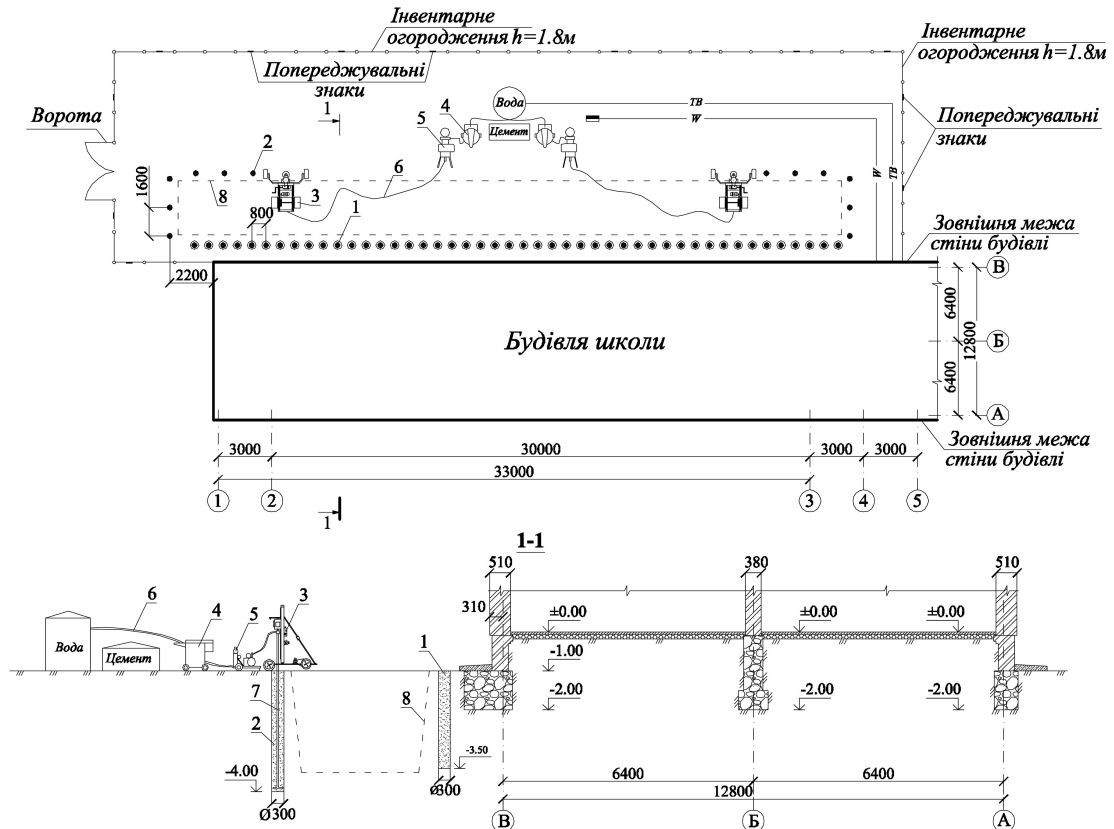


Рис.4.8. Технологічна схема влаштування вертикальних ГЦЕ:

1 - вертикальний ГЦЕ підпірної стінки; 2- ГЦЕ укріплення укосів; 3 - станок вертикального буріння; 4- розчиномішалка; 5 - розчинонасос; 6 - рукав; 7 - бурова штанга; 8 - контур майбутнього котловану

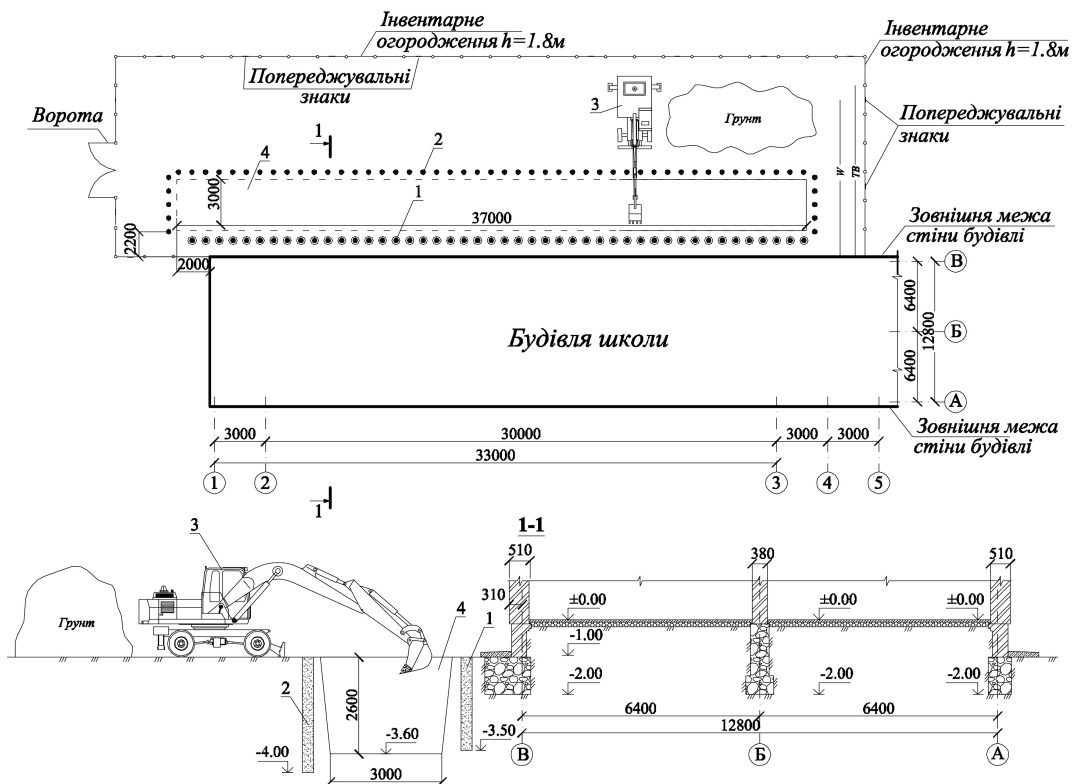


Рис.4.9. Технологічна схема розроблення котловану:
Поз. 1...2 - аналогічні рис.4.8; 3 - екскаватор; 4 - котлован

Для влаштування 2-го ряду горизонтально-циліндричних елементів (ГЦЕ) виконують підсіпку висотою 450 мм, з пошаровим ущільненням підсипаного ґрунту за допомогою вібротрамбовок (рис. 4.12; 4.13). Аналогічні заходи проводяться для влаштування підсіпки до 3-го рівня (рис. 4.14; 4.15).

Встановлення технологічної лінії, що включає в себе стани горизонтального буріння, розчиномішалки, розчинонасоси і рейкові напрямні, здійснюється за допомогою триніг, ручних лебідок і спеціальних колісних пар. Розчинозмішувачі і розчинонасоси вручну розміщуються зверху біля брівок котловану, обладнані колісними парами для зручності переміщення. Секції рейкових напрямних опускаються лебідками, рівномірно розташовуються на спланованому дні котловану, з'єднуються між собою та фіксуються штирями до дна котловану. Далі виконують ретельну розмітку вісей майбутніх ГЦЕ, відзначають риски на рейкових напрямних і встановлюють стани горизонтального буріння, опускаючи їх в котлован на рейкові напрямні за допомогою лебідок.

Механізми технологічної лінії єднуються за допомогою гнучких рукавів (шлангів), які підключаються до лінії електропостачання та перевіряються на наявність працездатності. Схема розташування обладнання для укладання 1-го (нижнього) ряду горизонтальних ГЦЕ представлена на рис. 4.10.

Після попередньої перевірки працездатності приступаємо безпосередньо до формування горизонтальних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ). Кожна бригада включає 1 оператора бурового верстата для кожного верстата, 1 оператора розчинозмішувача та 1 підсобного робітника. Після завершення кожного ряду ГЦЕ або при тривалій технологічній перерві проводиться очищення штанг, вертлюга і бурозмішувача. Після завершення кожного ряду ГЦЕ станки горизонтального буріння та рейкові напрямні демонтуються, котлован допрацьовується до наступного рівня, і їх знову монтується для влаштування наступного ряду ГЦЕ згідно аналогічної процедури.

Після завершення влаштування всіх рядів горизонтальних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) технологічні лінії демонтуються, котлован

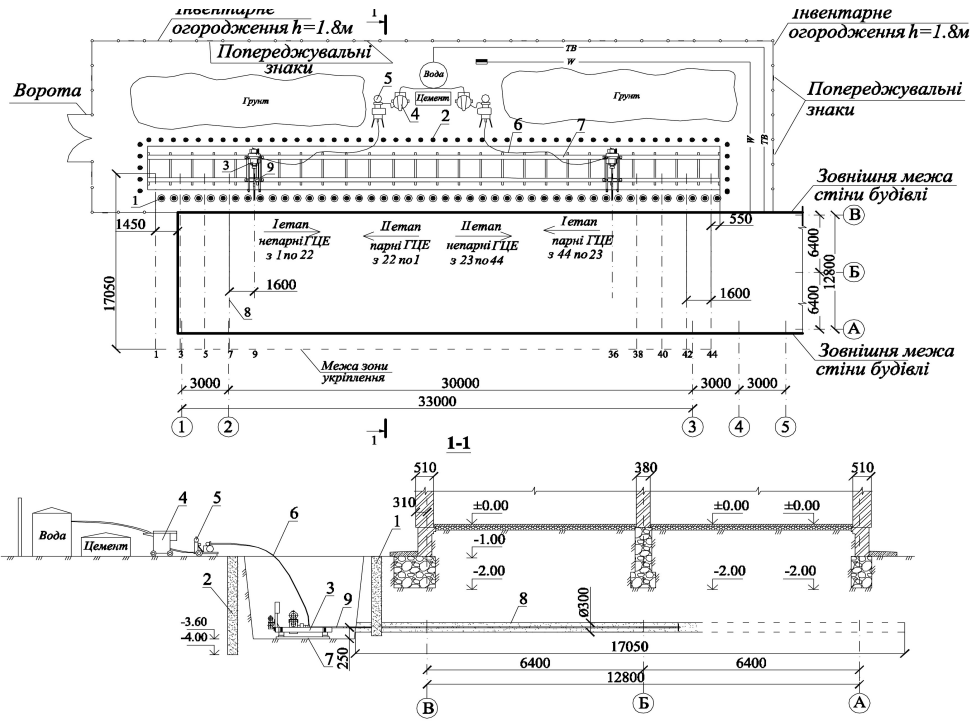


Рисунок 4.10 – Технологічна схема улаштування нижнього ряду армуючих елементів

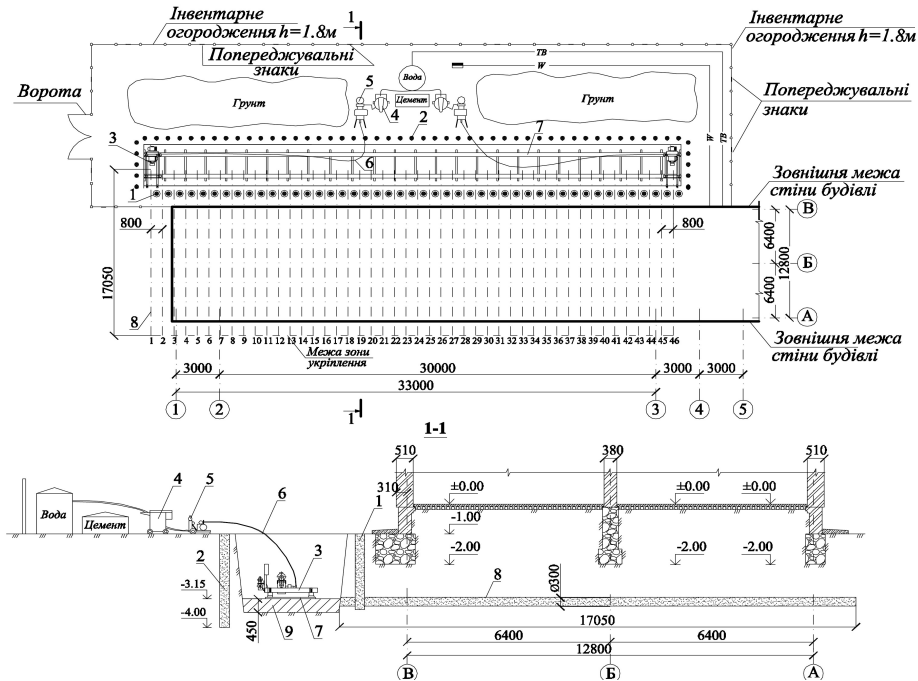


Рисунок 4.11 – Технологічна схема улаштування середнього ряду армуючих елементів

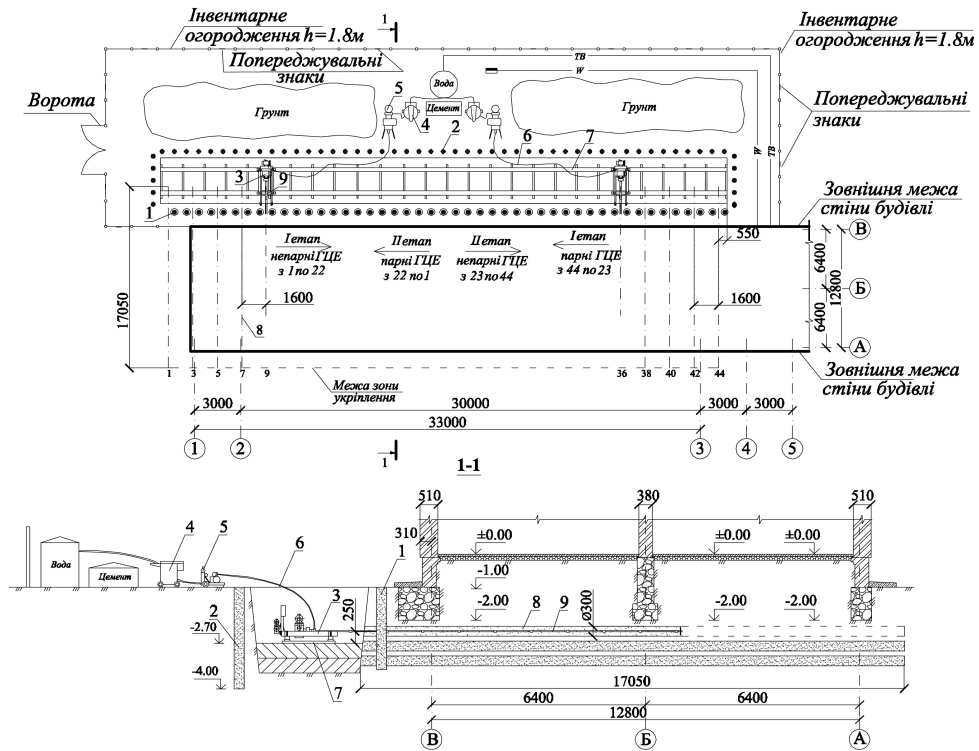


Рисунок 4.12 – Технологічна схема улаштування верхнього ряду армуючих елементів

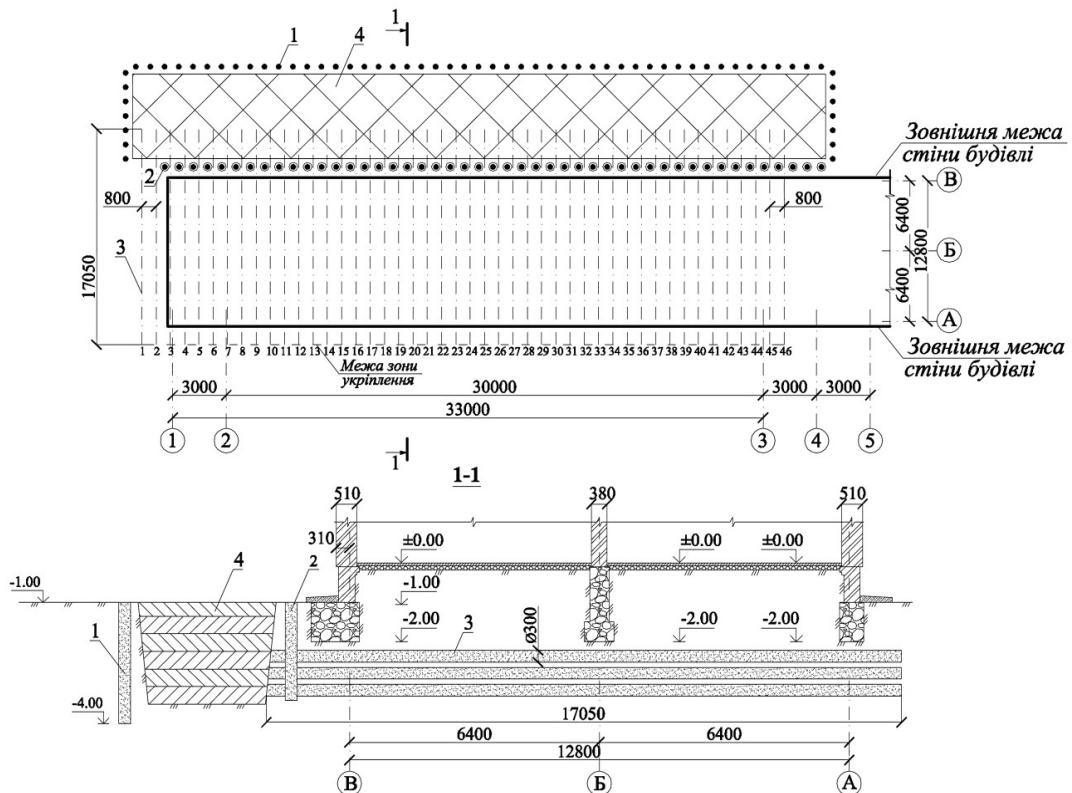


Рисунок 4.13 – Схема розрізу будівлі з підсиленою основою фундаментів: 1 - ГЦЕ укріплення укосу; 2 - вертикальний ГЦЕ підпірної стінки.

Розрахунок трудових витрат є сумарним обчисленням нормативного часу та вартості праці для комплексу будівельно-монтажних робіт. У цьому розрахунку враховані не лише основні, а й всі необхідні допоміжні та пов'язані операції. Калькуляція становить ключовий нормативний документ для загального розрахунку витрат на оплату праці, спрощуючи та полегшуючи процес нормування праці.

Розрахунок трудових витрат (таблиця 4.2), розроблений на основі кошторису (додаток В), визначає нормативну трудомісткість для одиниці продукції та вартість праці.

Розрахунок трудових затрат є фундаментом для створення календарного графіка виробництва робіт (рис. 4.17), тому в таблиці повинні бути відображені всі техніко-економічні показники.

Таблиця 4.2 – Калькуляція трудових витрат

№	Найменування	Обґрунтування	Од. вим.	Об'єм	На од. об'єму		На весь об'єм		Склад ланки: професія, розряд і кількість
					Н _{вр} , чол.-г./маш.-г.	Розцінка, грн	Трудомісткість, чел.-ч./маш.-ч.	Зарплата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Звалювання дерев м'яких порід	E1-191-2	100 шт.	0,1	11,08/7,65	451,84	1/0,765	45	Різнорабочі -1
2	Монтаж механізмів	M38-6-4	1 шт.	6	2,63/0,5	40,78/18,11	12/3	245/109	Інженери 4р-2,3р-2
3	Влаштування підпірної стінки фундаментів	E4-21-1 E5-127-1	100м	1,75	40/36,9	1489,12/3315,8	70/64,6	2606/5802	Інженери 4р-1,3р-2; оператор станка 5р-2
4	Укріплення укосів котловану	E4-21-1 E5-127-1	100м	1,89	40/36,9	1489,12/3315,8	74/69,7	2814/6266	Інженери 4р-1,3р-2; оператор станка 5р-2
5	Демонтаж станків вертикального буріння та технологічного обладнання	M38-6-4	1 шт.	6	2,63/0,5	40,78/18,11	12/3	245/109	Інженери 4р-2,3р-2
6	Розробка котловану екскаватором	E1-11-1	1000м ³	0,275	51,23/26,01	402,48/1540,8	14/7,15	110/422	Машинист 4р-1; пом. маш. - 1
7	Доробка котловану вручну	E1-169-1	100м ³	0,145	129,20	4188	19	604	Землекоп 3р - 5
8	Встановлення секцій та кріплення рейкових напрямних	M38-6-4	1 шт.	10	2,63/0,5	40,78/18,11	26/5	408/181	Інженери 4р-2,3р-2
9	Монтаж механізмів	M38-6-4	1 шт.	6	2,63/0,5	40,78/18,11	16/3	245/109	Інженери 4р-2,3р-2
10	Утворення Іго (нижнього) ряду ГЦЕ	E4-21-1 E5-127-1	100м	7,483	40/36,9	1489,12/3315,8	298/276,1	11144/24812	Інженери 4р-1,3р-2; оператор станка 5р-2
11	Демонтаж станків горизонтального буріння, рейкових напрямних та технологічного обладнання	M38-6-4	1 шт.	12	2,63/0,5	40,78/18,11	32/11	489/217	Інженери 4р-2,3р-2

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Підсипка котловану вручну	E1-166-1	100м ³	0,4995	150,45	4877,59	75	2436	Землекоп 3р - 5
13	Ущільнення підсипаного ґрунту	E1-134-1	100м ³	0,4995	23,88/22,3	678,95/174,89	12/11	339/87	Інженери 4р-2,3р-2
14	Встаповлення секцій та кріплення рейкових напрямних	M38-6-4	1 шт.	10	2,63/	40,78/18,11	26/5	408/181	Інженери 4р-2,3р-2
15	Монтаж механізмів	M38-6-4	1 шт.	6	2,63/	40,78/18,11	16/3	245/109	Інженери 4р-2,3р-2
16	Утворення 2го (середнього) ряду ГЦЕ	E4-21-1 E5-127-1	100м	7,483	40/36,9	1489,12/3315,8	298/276,1	11144/24812	Інженери 4р-1,3р-2; оператор станка 5р-2
17	Демонтаж станків горизонтального буріння, рейкових напрямних та технологічного обладнання	M38-6-4	1 шт.	12	2,63/0,5	40,78/18,11	32/11	489/217	Інженери 4р-2,3р-2
18	Підсипка котловану вручну	E1-166-1	100м ³	0,4995	150,45	4877,59	75	2436	Землекоп 3р - 5
19	Ущільнення підсипаного ґрунту	E1-134-1	100м ³	0,4995	23,88/22,3	678,95/174,89	12/11	339/87	Інженери 4р-2,3р-2
20	Встаповлення секцій та кріплення рейкових напрямних	M38-6-4	1 шт.	10	2,63/0,5	40,78/18,11	26/5	408/181	Інженери 4р-2,3р-2
21	Монтаж механізмів	M38-6-4	1 шт.	6	2,63/0,5	40,78/18,11	16/3	245/109	Інженери 4р-2,3р-2
22	Утворення 3го (верхнього) ряду ГЦЕ	E4-21-1 E5-127-1	100м	7,483	40/36,9	1489,12/3315,8	298/276,1	11144/24812	Інженери 4р-1,3р-2; оператор станка 5р-2
23	Демонтаж станків горизонтального буріння, рейкових напрямних та технологічного обладнання	M38-6-4	1 шт.	12	2,63/0,5	40,78/18,11	32/11	489/217	Інженери 4р-2,3р-2
24	Улаштування ґрунтової подушки	E1-139-1	1000 м ³	0,1887	219,95/188,2	98,47/8554,80	42/35,51	19/1614	Машинист 4р-2; пом. маш. - 2

Техніко-економічні характеристики. Після складання калькуляції трудових витрат та розробки графіка виробництва робіт розраховують наступні характеристики виробничих процесів в повному обсязі та в технологічній послідовності їх виконання. Календарний графік складений у вигляді лінійного плану.

1. Трудомісткість робіт

- загальна: 6360 чол.-г.

- на од. об'єму.: 2,43 чол.-г./м.п.

2. Вартість робіт

- загальна: 455863 грн.

- на од. об'єму: 175 грн./м.п.

3. Виробіток на одного робітника в зміну: 18 м.п./чол.-зм.

4. Витрати машино-змін: 96 маш.-зм.

5. Тривалість робіт 55 днів

Матеріально-технічні ресурси. Зведений перелік матеріально-технічних ресурсів складено на основі виробничих норм витрат матеріалів у будівництві.

1.	Цемент М400	78,267 т.
2.	Гайки	36 шт.
3.	Екскаватор РС-160	1 шт.
4.	Автомобіль бортовий	2 шт.
5.	Установка УГБ-300	2 шт.
6.	Установка УВБ-300	2 шт.
7.	Розчиномішалка 100 л.	2 шт.
8.	Розчинонасос 7 атм.	2 шт.
9.	Штанги	40 шт.
10.	Бурозмішувач	4 шт.
11.	Пневмотрамбівка	2 шт.
12.	Бензопилка	1 шт.
13.	Гнучкий шланг	100 м.п.

14.	Кабель силовий	200 м.п.
15.	Лом	4 шт.
16.	Відбійний молоток	2 шт.
17.	Драбина	1 шт.
18.	Лопати	6 шт.
19.	Відра	6 шт.
20.	Нівелір, рейка	1 компл.
21.	Набір інструментів	2 компл.
22.	Рубильник	1 шт.

Забезпечення необхідної якості робіт з підсилення основи включає в себе використання системи контролю, що охоплює етапи вхідного контролю, самоконтролю і приймального контролю. Нормативні допуски визначаються відповідно до встановлених стандартів і вимог для забезпечення відповідності виконаних робіт визначеним нормам та стандартам якості.

Перевірка при поставці цементу на відповідність вимогам ДСТУ Б.В.2.7-46: 2010 та вимогам проекту складає етап вхідного контролю. У цьому процесі здійснюється перевірка якості цементу, а також відповідність його характеристик встановленим нормам та вимогам. Окрім того, проводиться оцінка працездатності оснащення і механізмів, щоб забезпечити їхню надійність та ефективність.

Самоконтроль виконавців в процесі влаштування армуючих елементів передбачає систематичну перевірку ряду параметрів для забезпечення високої якості робіт. Елементами самоконтролю при влаштуванні армуючих елементів є:

- Загальний план прив'язки вісей ГЦЕ відповідно до проектних параметрів;
- Контроль за розмірами зони закріплення ґрунтів основи;
- Регулювання лінійної та обертальної швидкостей рухів бурозмішувача;
- Слідкування за водоцементним відношенням в межах 0,8 ... 1,0;
- Перевірка якості цементу на активність (не менше М400);

- Облік витрати цементу на 1 м.п. свердловини у межах 25-35 кг;
- Контроль тиску нагнітання розчину (відсутність випору ґрунту зі свердловини при оптимальному тиску).

Контрольовані параметри заносяться в журнал виробництва робіт.

Ураховуючи включення елементів вологого процесу в технологію, здійснюється геодезичний контроль за можливими додатковими осіданнями фундаментів. Цей контроль реалізується шляхом геодезичного нівелювання по настінним маркам. Для нагляду за можливими змінами просторового положення будівлі використовується система "Моніторинг" [112]. Зафіксовані відомості про контрольовані параметри заносяться в журнал виробництва.

Для оцінки якості укріплення ґрунтів у вигляді приймального контролю відбирають зразки з ґрунтоцементних армуючих елементів та проводять випробування в лабораторних умовах, відповідно до ДСТУ Б В.2.7-48-96 (див. п.3.3.4). При цьому призмова міцність ґрунтоцементу в даному випадку повинна бути не менше 2,0 МПа [132]. Кількість піддослідних елементів повинна бути не менше 2% на кожен захватку. Отримані дані про контрольовані параметри реєструються в журналі виробництва робіт.

В якості приймального контролю також проводиться перевірка довжини і суцільності ґрунтоцементних елементів за допомогою акустичного методу. Контролю піддаються 10% елементів. Детальна методика акустичного контролю наведена у п.2.4.5. та п.3.4.

Приймання робіт з укріплення ґрунтів основи за допомогою бурозмішувальної технології здійснюється відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-2009, що передбачає наявність актів прихованих робіт, виконавчих схем, а також результатів лабораторних випробувань зразків, відібраних з ґрунтоцементних елементів. Згідно з вказаними ДБН (ДБН А.3.1-5-2009 та ДБН В.3.1-1-2002), у таблиці 4.3 представлені допуски на відхилення від проектних значень.

Таблиця 4.3 – Показники граничних відхилень ГЦЕ від проектних

№	Найменування відхилення	Допуск, мм
1	Відхилення від проектної довжини	± 100
2	Відхилення забою по горизонталі	± 20
3	Відхилення забою від вертикалі	± 20

З урахуванням особливостей технології зміцнення основ існуючих деформованих будівель, де укріплення ґрунтів виконується під фундаментами, а саме в "пятні"будівель, де розкриття горизонтальних цементно-ґрунтових елементів (ГЦЕ) є практично неможливим або затрудненим, система контролю повинна включати наступні етапи. Необхідні параметри технологічних процесів, такі як вміст цементу, відношення води до цементу (В/Ц), швидкість обертань та лінійна швидкість рухів бурозмішувача, які повинні відповідати вимогам проектних рішень ГЦЕ, вивчаються через їх розкриття та відбір зразків для лабораторних досліджень. Також застосовуються неруйнівні методи, такі як акустичний метод для визначення суцільності стовбура, на експериментальних майданчиках із ідентичними ґрунтовими умовами, наприклад, на прилеглих територіях. При виконанні проектних робочих ГЦЕ необхідно точно дотримуватися відпрацьованих значень технологічних параметрів процесу.

З метою охорони праці та техніки безпеки виконання робіт повинно бути ретельно організоване. Для цього рекомендується дотримуватися таких вказівок:

1. З метою проведення робіт необхідно призначити відповідального виконавця із числа ІТП.
2. Виконання всіх робіт повинно відбуватися відповідно до вимог техніки безпеки, відповідно до ДБН А.3.2-2-2009.
3. Персонал, що обслуговує бурові верстати, повинен пройти навчання з технологічних прийомів роботи на верстатах, отримати інструктаж з техніки безпеки та отримати відповідну кваліфікаційну групу.

4. Виконання робіт із використанням електрообладнання повинно відповідати вимогам ДБН А.3.2-2-2009.

5. Електрокабель для бурових верстатів слід прокладати на спеціальних опорах.

6. Перед початком кожної зміни необхідно перевірити технічне обслуговування та надійність заземлення бурових верстатів і допоміжного обладнання.

7. На час огляду, змащення, чистки та усунення несправностей обладнання, його слід знеструмлювати.

8. Під час виконання земляних та інших робіт у котлованах і траншеях слід застосовувати заходи для запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів, таких як:

- обвалення ґрунтів;
- рухаючіся машини та їх робочі органи, предмети, що ними переміщуються
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини, тому необхідно забезпечити надійне заземлення електроустаткування;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці.

9. Планування, організацію та виконання земляних робіт слід проводити відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013.

10. Під час виконання земляних робіт слід дотримуватись вимог безпеки та охорони праці, визначених у цьому документі, а також рішень проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо), зокрема:

- безпечної крутизни незакріплених укосів котлованів і траншей з урахуванням навантаження від машин і ґрунту;
- онструкції кріплення стінок виїмок;
- типів і місць встановлення огорож виїмок котлованів і траншей, а також попереджувальних знаків, перехідних містків та сходів для спуску працівників до місця робіт або їх евакуації;

- типів машин, які застосовуються для розробки ґрунту та місць їх встановлення.

11. З метою запобігання розмиванню, зсувам ґрунтів та обваленню стінок виїмок, слід забезпечити відведення поверхневих і підземних вод, а також запобігти обваленню виїмок та котлованів перед їх початком.

12. Земляні роботи в охоронній зоні кабелів високої напруги, діючих газопроводів та інших комунікацій слід виконувати за нарядом-допуском після отримання дозволу від організацій, що експлуатують ці комунікації. Виконання робіт у цих умовах повинно здійснюватися під безпосереднім наглядом керівника робіт та працівників організацій, що експлуатують ці комунікації.

13. У разі виявлення в процесі виконання земляних робіт комунікацій, підземних споруд або вибухонебезпечних матеріалів, які не зазначені в проектно-технологічній документації, земляні роботи слід припинити до отримання дозволу від відповідних органів.

Організація робочих місць.

1. У випадку розташування робочих місць у котлованах та траншеях, розміри виїмок повинні забезпечувати достатній простір для розміщення обладнання та необхідного оснащення. Також слід забезпечити проходи до робочих місць і на самому робочому місці шириною не менше 0,6 м, з необхідним простором у зоні виконання робіт.

2. Для спуску працівників у котловани і траншеї, а також для їх евакуації, слід передбачити маршеві сходи шириною не менше 0,6 м з огороженням або приставні драбини (дерев'яні - довжиною не більше 5,0 м).

3. У випадку важких гідрогеологічних умов або наявності водонасичених ґрунтів, а також у випадку неможливості улаштування укосів, рекомендується використовувати шпунтову огорожу або укріплення укосів різними технологіями. У конкретному випадку укоси котловану укріплюються вертикальними ГЦЕ, влаштованими за бурозмішувальною технологією та можливістю їх подальшого підсилення.

4. Перед витягуванням ґрунту з виїмок за допомогою бадей, слід встановити захисні навіси-козирки згідно з правилами ПВР для захисту працюючих у виїмках.

5. Виконання робіт у виїмках глибиною більше 1,5 м дозволяється лише за умови наявності ланки, у складі якої повинно бути не менше двох працівників.

6. Перед допуском працівників у виїмки глибиною більше 1,3 м, необхідно перевірити стійкість укосів або надійність кріплення стінок виїмки особою, відповідальною за безпеку земляних робіт.

7. Допуск працівників у котловани з укосами, які зволожені, дозволяється тільки після огляду виїмок особою, відповідальною за безпеку робіт, перевірки стану ґрунту укосів та уникнення обвалення нестійкого ґрунту у місцях, де виявлено «козирки» чи тріщини (відшарування).

4.3. Техніко-економічна ефективність удосконаленої технології

Для вирішення питання ефективності удосконаленої технології горизонтального армування структурно – нестійких ґрунтів при підсиленні основ доцільно порівняти із технологією укріплення ґрунтів похилими армоелементами. Дана технологія часто застосовується в практиці відновлення деформованих будівель та при реконструкції. Так, проф. П.А. Коновалов у праці [20] навів приклад укріплення ґрунтів похилими силікатизованими армоелементами при реконструкції, а проф. М.Л. Зоценко у праці [5] показує практику застосування технології похилого армування ґрунтів щебеневими армоелементами для підсилення основ деформованих будівель.

Технологія укріплення ґрунтів в горизонтальному напрямку бурозмішуванням викладена в розділі 2 та 3 даної роботи.

Технологія укріплення ґрунтів бурозмішувальним методом похилими ґрунтоцементними елементами полягає в наступному. В укріплюючій товщі ґрунту під фундаментами всіх стрічок із обох сторін утворюють ґрунтоцементні елементи під певним кутом, внаслідок чого отримують армований масив під "прямою" фундамента.

Концепція порівняння ефективності застосування цих технологій витікає із умови забезпечення необхідної несучої здатності підсиленої основи шляхом армування ґрунтів під існуючими фундаментами горизонтальними або похилими армоелментами. Порівняння показників вказаних технологій покажемо на прикладі їх застосування для стабілізації деформацій пошкодженої будівлі Рясківського навчально-виховного комплексу у с. Ряске Машівського району Полтавської області. Укріплення ґрунтів армуванням похилими армоелментами за бурозмішувальним методом було запропоновано організацією, яка виконала обстеження і розробила рекомендації по стабілізації деформацій будівлі школи [113].

Розрахунки та проект укріплення слабких структурно-нестійких ґрунтів основи деформованої будівлі шляхом їх армування горизонтальними ґрунтоцементними елементами за бурозмішувальною технологією виконані Полтавським НТУ ім. Ю. Кондратюка [79]. Горизонтальне армування ґрунтів основ фундаментів, тобто реалізація вказаного проекту, виконано Запорізьким відділенням НДІБК за участю здобувача. Згідно розрахунків і проекту по стабілізації деформації будівлі під фундаментами деформованої частини необхідно влаштувати в зоні слабких ґрунтів ІГЕ 2, 3, 4 (див.рис.4.3) в осях 1...3 ґрунтоцементні армоелементи діаметром 300мм в три ряди по висоті загальною довжиною 2251м. Об'єм і параметри горизонтального армування ґрунтів ГЦЕ, які забезпечують стабілізацію деформацій і обумовлюють подальшу нормальну експлуатацію будівлі, викладені в розділі 4 даної роботи та прийняті при розрахунках показників економічної ефективності.

Порівняльні схеми армування цими технологіями показані на рис.4.18. Об'єм і параметри армування слабких ґрунтів під фундаменти 1 шляхом утворення похилих ґрунтоцементних елементів 4' визначаються згідно забезпечення

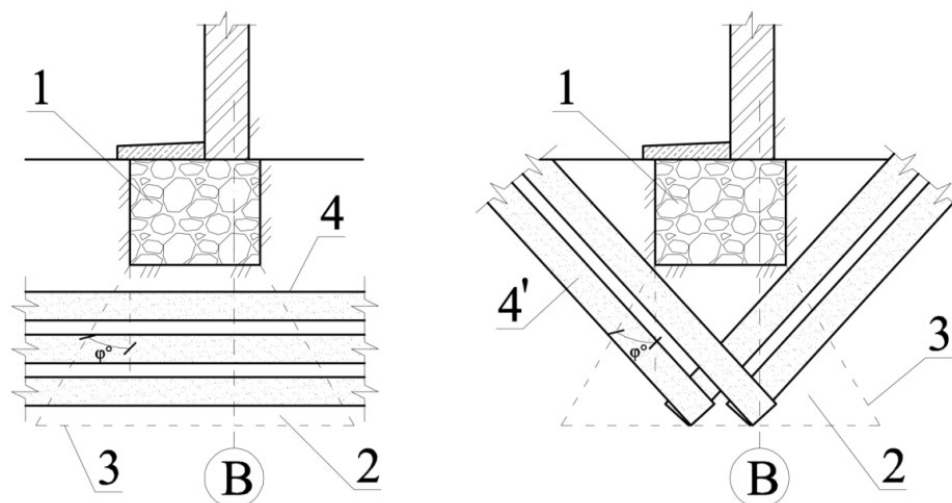


Рисунок 4.18 – Схема для визначення об'ємів армування ґрунтів основ фундаментів:

а) при горизонтальному армуванні; б) при похилому армуванні; 1 – фундамент; 2 – зона активних деформацій; 3 – лінія умовного фундаменту; 4 – горизонтальні ґрунтоцементні елементи; 4' – похилі ґрунтоцементні елементи

необхідної несучої здатності підсиленої основи, а саме так, щоб об'єм армування зони активних деформацій 2, яка визначається лінією умовного фундаменту 3, був ідентичний, горизонтальному армуванню. Згідно з цими умовами армування основи необхідно виконати в зоні слабких ґрунтів ПЕ 2, 3, 4 в осях 1...3 похилими ґрунтоцементними елементами діаметром 300мм в 2 ряди з кроком 0,7м із двох сторін фундаментів загальною довжиною 2356м. Для забезпечення такого армування всередині приміщень потрібно виконати розбирання полів для можливості утворення ґрунтоцементних елементів. Технологічні схеми армування ґрунтів основ фундаментів двома технологіями показано на рис. 4.19 та рис. 4.20.

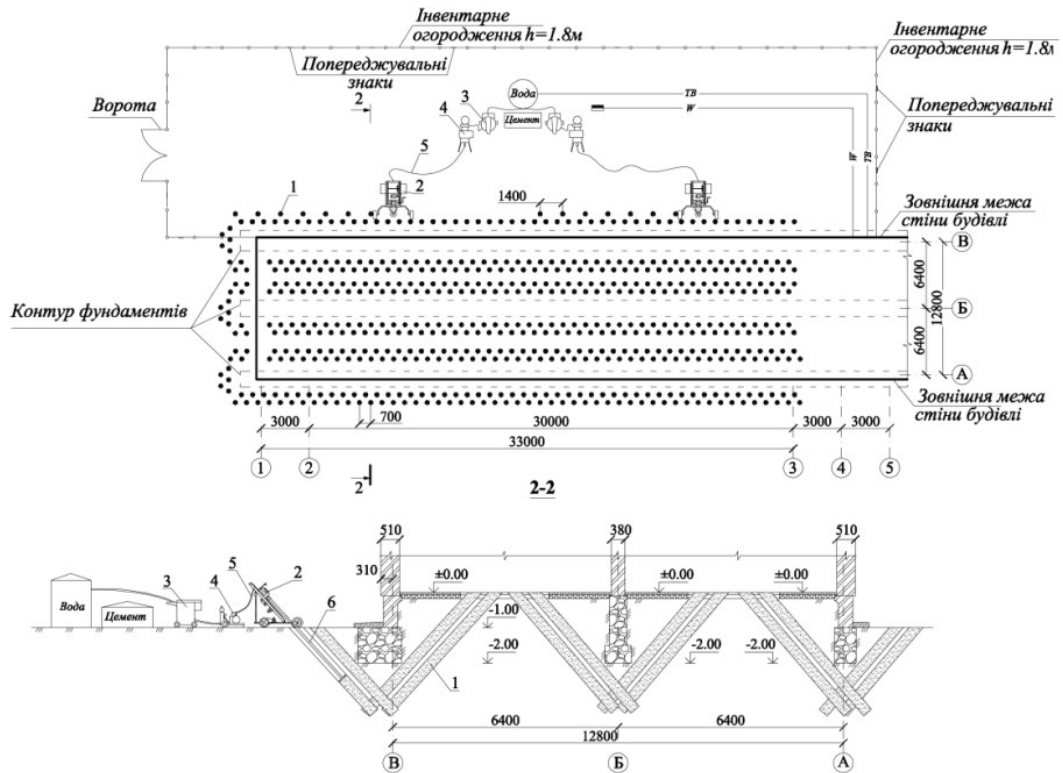


Рисунок 4.19 – Технологічна схема підсилення основи фундаментів укріпленням ґрунтів горизонтальними ґрунтоцементними елементами: 1 – вертикальний ГЦЕ підпірної стінки; 2 – ГЦЕ укріплення укосів котловану; 3 – станок горизонтального буріння; 4 – розчиномішалка; 5 – розчинонасос; 6 - рукав; 7 – рейкові напрямні; 8 – горизонтальний ГЦЕ; 9 – бурові штанги

ля обох варіантів підсилення основ були розраховані: об'єми будівельних робіт і витрата матеріалів у відповідності з вимогами [111,112,113]. На підставі одержаних об'ємів робіт і витрат матеріалів за допомогою програмного комплексу АВК-3 були складені «Локальні кошториси» (форма №4) по кожному варіанту, які приведені в Додатку В.

Кошториси розроблялися на підставі:

- ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи(ДБН Д.2.2-99);
- вартість матеріалів по нормам витрати;
- збірки цін на перевезення ґрунту;

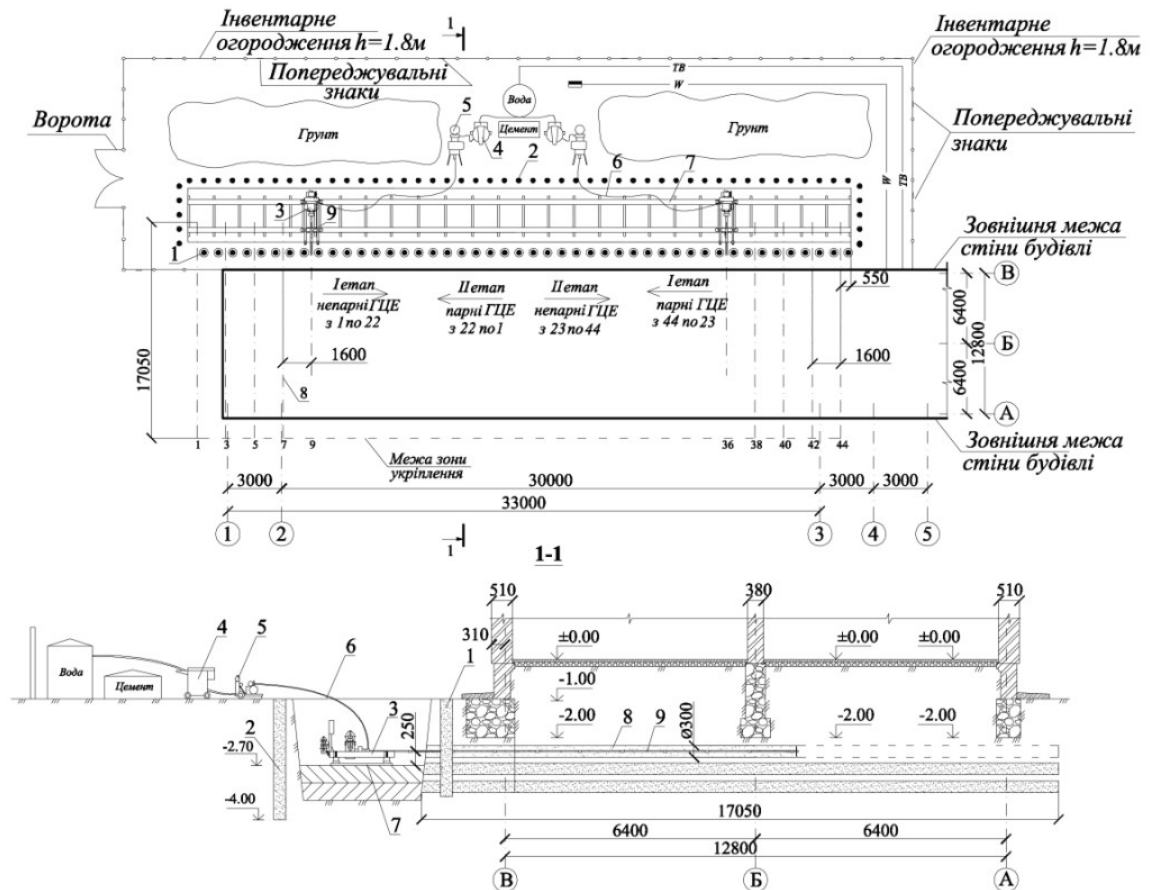


Рисунок 4.20 – Технологічна схема підсилення основи фундаментів
– похилими ґрунтоцементними елементами:

1 – похилі ГЦЕ; 2 – станок похилого буріння; 3 – розчиномішалка; 4 – розчинонасос; 5 - рукав; 6 – бурові штанги

– загальновиробничі витрати розраховані згідно усереднених показників додатку 3 ДБН Д.1.1-1-2000.

На підставі розроблених кошторисів виведені техніко-економічні показники по обох варіантах підсилення основи, які приведені в таблиці 4.4. Одержані дані свідчать про те, що варіант підсилення основи укріпленням ґрунтів горизонтальними армоелементами більш економічний в порівнянні з похилими армоелементами, оскільки цей варіант має менший показник витрат - 585014 грн., тоді як аналог – 657995 грн., економічний ефект складає – 72981 грн.

Кошторисна вартість є базовою для розрахунку планової собівартості будівельно-монтажних робіт і дозволяє з одного боку будівельній організації прогнозувати завчасно свій рівень витрат, і з іншого боку замовнику - оцінити рамки, в яких можна здійснювати торги з підрядною будівельною. Порівнюючи показники при провадженні робіт по двох варіантах, можна зробити висновки:

- прямі витрати при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,1 рази менші, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

Таблиця 4.4 – Техніко-економічні показники варіантів підсилення основ фундаментів

№ п/ п	Найменування показників	Варіанти підсилення основ		Економічне співвідно шення
		Укріплення гори- зонтальними ар- моелементами	Укріплення по- хилими армоеле- ментами	
1	Прямі витрати, тис. грн.	407,767	463,655	1,14
2	Кошторисна трудомісткість, чол.-год. .	6,360	9,484	1,49
3	Кошторисна зарплата, тис. грн.	122,275	188,589	1,54
4	Загальновиробничі витрати, тис. грн. .	48,096	73,869	1,54
5	Матеріали, тис. грн.	84,398	108,798	1,28
6	Всього по кошторису, тис. грн.	455,863	537,525	1,17
7	Економічний ефект, тис. грн.	81,662		

– кошторисна трудомісткість при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,49 рази менша, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– кошторисна зарплата при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,54 рази менша, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– загальновиробничі витрати при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,54 рази менші, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– витрата матеріалів при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,28 разів менша, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– кошторисна вартість при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,17 рази менша, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– терміни виконання робіт при укріпленні ґрунтів основи горизонтальними армоелементами в 1,4 разів менші, ніж при варіанті укріплення похилими армоелементами;

– підсилення основи будівлі укріпленням ґрунтів горизонтальними армоелементами відбувається без призупинки експлуатації будівлі, тоді як при підсиленні основи будівлі укріпленням ґрунтів похилими армоелементами у зв'язку з руйнуванням полів першого поверху з послідуєчим їх відновленням, необхідно призупиняти експлуатацію будівлі чи її частини. Особливо ця обставина важлива при відновленні деформованих житлових будинків, коли при варіанті підсилення основ похилими армоелементами необхідно відсилати мешканців, що окрім фінансових переваг, має велике соціальне значення.

Техніко-економічним порівнянням двох варіантів підсилення основи будівлі школи по ряду показників підтверджена ефективність підсилення основи будівлі розробленою бурозмішувальною технологією укріплення ґрунтів го-

ризоньальними ґрунтоцементними армолементами, яка істотно відрізняється своєю простотою.

Окрім переваги економічних показників перший варіант вигідно відрізняється також з технологічної сторони. Влаштування похилих армоелементів потребує виконання робіт у середині приміщення, що призводить до необхідності руйнування та відновлення конструкцій підлоги та інших конструкцій. А це призводить до цілого ряду як економічного порядку, так і організаційних та інших незручностей.

Висновки за розділом 4:

1. Наведені області застосування горизонтального армування ґрунтів, які охоплюють широке коло будівельної сфери, але найбільш важливе значення має підсилення основ при відновленні деформованих будівель.

2. Розроблені рекомендації по вибору раціональних конструктивно-технологічних рішень та показані приклади їх впровадження і досягнення ефективності застосування.

3. Удосконалена технологічна карта на прикладі застосування технології горизонтального армування ґрунтів на реальному об'єкті відновлення експлуатаційної спроможності деформованої будівлі школи в Полтавському регіоні.

4. На основі техніко-економічного порівняння з технологією похилого армування ефект від впровадження удосконаленої технології горизонтального армування склав 82 тис. грн., а трудомісткість зменшилась у 1,49 разів. Роботи по підсиленню основ виконувались без припинення експлуатації будівлі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській роботі вирішено важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності відновлення експлуатаційної спроможності деформованих будівель за рахунок підсилення їх основ шляхом розробки нової технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ із застосуванням розроблених інноваційних конструктивно-технологічних рішень.

Значення для практики полягає в тому, що технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ дозволяє покращити якість утворення ґрунтоцементних армоелементів при зменшенні трудомісткості та вартості робіт.

В роботі отримані наступні результати та зроблені висновки:

1. Виконано аналіз інформаційних джерел, який показує, що основною причиною деформацій будівель є нерівномірні деформації основ внаслідок погіршення властивостей ґрунтів в процесі експлуатації, тому на базі експериментальних досліджень існуючої технології горизонтального армування ґрунтів з урахуванням визначених резервів підвищення її ефективності запропоновано напрямок дослідження та розробок нової технології укріплення ґрунтів горизонтальним бурозмішувальним армуванням для вирішення поставленої задачі.

2. Доведено, що розробка та застосування нових інноваційних конструктивно-технологічних рішень корінним чином змінює технологію укріплення ґрунтів горизонтальним армуванням по бурозмішувальному методу, що обумовлює підвищення технологічності та зниження трудомісткості виконання робіт по підсиленню основ.

3. Технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів адаптована для захисту пошкоджених будівель від подальших деформацій та для реконструкції об'єктів в стиснених умовах, що забезпечує безпечне проведення відновлювальних робіт та спрощує організацію їх виконання при влаштуванні ярусів армоелементів.

4. На базі результатів розробок та досліджень розроблена технологічна карта, в якій відображений порядок виконання технологічних процесів горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів, яка дозволяє кваліфіковано впроваджувати розроблену технологію при підсиленні основ відновлювальних деформованих споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Современные технологии в строительстве: учебник / под. ред. А.И. Менейлюка. К.: Освита України, 2010. 552 с.
2. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / М.Л Зоценко та ін. Полтава: ПолтНТУ, 2004. 568 с.
3. Яковлев А.В., Винников Ю.Л. Особенности проектирования, строительства, эксплуатации зданий и сооружений на лесовом грунте та зсувонебезпечній території України: підручник. Київ: НМК ВО, 1992. 250 с.
4. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах: учебник. Київ: Будівельник, 1982. 235 с.
5. Спосіб будівництва будинків, споруд: пат. 76532 UA, МПК E02D 27/34. № u 201206811; заявл. 05.06.12; опубл. 10.01.12, Бюл. № 1. 5с.
6. Литвинов И.М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов: учебник. Киев: Будівельник, 1969. 184 с.
7. Рыжов А.М., Шокарев В.С. Уплотнение предварительно обводненных лессовых просадочных грунтов сериями взрывов глубинных зарядов. Строительные конструкции: респ. межведомств. научн.-техн. сборн. Киев: НИИСК, 1995. Вып. 48. С. 18-22.
8. Шокарев В.С., Рыжов А.М. Контроль качества грунтов, уплотненных гидровзрывным методом. Строительные конструкции: респ. межведомств. научн.-техн. сборн. Киев: НИИСК, 1995. Вып. 47. С. 25-30.
9. Шокарев В.С. Робота масивів лесового ґрунту при гідровибуховому ущільненні: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Київ, 1997. 23 с.
10. Литвинов И.М. Укрепление и уплотнение просадочных грунтов в жилищном и промышленном строительстве: учебник. Киев: Будівельник, 1977. 287 с.
11. Степура И.В. Разработка технологии термического закрепления просадочных грунтов II типа на глубину до 25 м: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Днепропетровск, 1984. 25 с.

12. Зоценко М.Л. Прогресивні методи підготовки основ та будівництва фундаментів. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2008. Вип. 71. Т.1. С. 23-37.

13. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементом: учебник. Москва: НТИ автотранспортной литературы, 1956. 248с.

14. Головкин С.И. Напряженно деформированное состояние грунтового основания в процессе высоконапорного инъецирования. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2004. Вип. 71. С. 42-51.

15. Крицкий М.Я. Проблемы упрочнения и армирования грунтов в Западной Сибири. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2004. Вип. 61. Т.2. С. 45-52.

16. Упрочнение грунтов методом напорных инъекций: Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2004. Вип. 61. Т.2. С. 53-58.

17. міцнення ґрунтів основи вібро – та ін'єкційними технологіями в будівництві та при реконструкції. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2004. Вип. 61. Т.2. С. 92-95.

18. Малинин А.Г. Обоснование расхода цемента при струйной цементации грунта : Подземное пространство мира. 2003. №3. С. 12-14.

19. Малинин А.Г. Применение струйной цементации грунтов в подземном строительстве : Подземное строительство мира. 2003. №2. С. 53-57.

20. Меньлюк А.И., Федорук А.В. Методика экспериментальных исследований устойчивости откосов, армированных геотекстильными материалами: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2006. №14. С. 415–420.

21. Тетиор А.Н., Феклин В.И., Сургучев В.Г. Проектирование фундаментов: справочник. Київ: Будівельник, 1981. 208 с.

22. Гупаленко В.И., Шокарев В.С. Разработка и внедрение эффективных способов подготовки оснований и свайных фундаментов в грунтовых условиях Запорожского региона: Труды III Украинской научно – технической

конференции по механике грунтов и фундаментостроению. Одесса, 1977.Т.II. С. 348-349.

23. Шокарев В.С. Проблемы оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений: Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2000. Вип.53. Т.І. С. 573-578.

24. Зоценко М.Л. Використання пневмопробійників при влаштуванні і реконструкції основ та фундаментів: Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2001. С. 276-283.

25. Передерий В.К. Устройства набивных свай с помощью пневмопробойников: Труды III Украинской науч. – техн. конф. по механике грунтов и фундаментостроению. Одесса: 1977. Т.І. С.245-252.

26. Вараница А.В., Бойко В.Б. Об использовании пневмопробойников при усилении оснований фундаментов: Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2000. Вип. 53. Кн.2. С.43 – 49.

27. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: підручник. Київ: Вища школа, 1992. 408 с.

28. Підсилення основ фундаментів споруд центральної частини міста Львова: Зб. наук. Праць «Проблеми теорії і практики будівництва. Львів: Львівська політехніка, 1997. С. 152-156.

29. Усиление оснований армированием грунтов при реконструкции: Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2008. Вип. 71. С. 111-118.

30. Пилягин А.В. Усиление фундаментов зданий и сооружений подводкой горизонтальных балок: Сб. научн. трудов междунар. научно – техн. конф. «Будайніцтва, строительство, construction».Беларусь: БНТУ, 2003. Вып.№3. С.39-42.

31. Саурин А.Н., Каравашкин А.Н. Опыт устройства оснований ленточных фундаментов аварийного жилого дома шпальным распределителем: Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. Москва: 2000. С. 298-300.

32. Янковский Л.В. Разработка метода закрепления оснований ленточных фундаментов при реконструкции : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Пермь, 1991. 19 с.

33. Бартоломей А.А., Янковский Л.В. Технология усиления оснований фундаментов с помощью управляемых пневмопробойников: учебник: Устройство и усиление фундаментов с улучшением строительных свойств грунтов оснований. Пенза: ПДЭНТЗ, 1991. С. 132-140.

34. Белоногов Л.Б., Янковский Л.В. Применение пневмопробойников для усиления фундаментов: Труды II Всесоюзной конференции «Современные проблемы фундаментостроения в СССР». Пермь: Пермский политехнический институт, 1990. С. 138-142.

35. Буросмесительная технология и оснастка для армирования просадочных и слабых: Будівельні конструкції: зб.наук.праць. К.: НДІБК, 2000. Вып.53. Том 2. С. 186-189.

36. Спосіб закріплення ґрунтів: пат. 39173 UA, МПК E02D 3/12 (2008.01). № и 200810750; заявл 29.08.2008; опубл. 10.02.2009, Бюл. №3. 6с.

37. Петраш Р.В. Спільна робота ґрунту та елементів армування, які виготовлені за бурозміщувальною технологією : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Полтава, 2009. 19 с.

38. Зоценко М.Л., Бовкун Ж.М., Маляренко В.І. Досвід і перспективи підсилення основ вертикальними ґрунтоцементними елементами у міському будівництві: Бетон и железобетон в Украине. 2006. №6. С. 24-28.

39. Зоценко М.Л., Гудімов О.О. Спостереження за деформаціями 4 – х секційного багатоповерхового житлового будинку: Збірник Українського держ. університету водного господарства. Рівне, 2008. Вип.16. Ч.1. С.233-237.

40. Зміна характеристик міцності ґрунтів при їх закріпленні за допомогою цементациї: Будівельні конструкції: міжвід. наук. – техн. зб. Київ: НДІБК, 2008. Вип.71. Кн.2. С. 51-60.

41. Крисан В.И. Струйное и смесительно – струйное закрепление грунтов: Иновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта: сб. научн. тр. Одесса: ПГАСА, 2004. Вып. №30. С. 132-136.

42. Змішувально-бурове долото: пат. 62868 UA, МПК 7 E02D3/12, E02D5/36, E02D5/46. № и 2003109505; заявл 22.10.2003; опубл. 15.12.2003, Бюл. №12. 6с.

43. Тимощук В.І., Крисан В.І., Крисан В.В. Дослідження параметрів закріплення нестійких ґрунтів з використанням технології ґрунтоцементного армування: Будівельні конструкції: міжвід. наук. – техн. зб. Київ: НДІБК, 2008. Вип.71. Кн.2. С. 264-274.

44. Крысан В.И., Крысан В.В. Армирование насыпи подходов земляного полотна к путепроводу ґрунтоцементными сваями: Будівельні конструкції: міжвід. наук. – техн. зб. Київ: НДІБК, 2007. Вип.66. С. 204-211.

45. Садовенко И.А., Куличенко И.И., Крисан В.И. Исследование напряженно – деформированного состояния нагруженного оползневого склона: Сб. научн. тр. Приднепровской строительной академии.1999. Вып.№1. Ч.1. С. 5-10

46. Аскалонов В.В., Вайсфельд Г.Б. Цементогрунтовые смеси для устройства фундаментов: учебник. М.: Бюро техн.помощи НИИ Горсельстроя, 1955. 158 с.

47. Аскалонов В.В., Токин О.Н. Здания и сооружения из цементогрунта: учебник. М.: ЦБТИ Минстроя РСФСР, 1957. 234 с.

48. Безрук В.М. Устройство цементогрунтовых оснований с применением пластифицированного цемента: учебник. Москва: Дориздат, 1952. 49 с.

49. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементами: учебник. Москва: Автотрансиздат, 1956. 179 с.

50. Безрук В.М., Князюк К.А. Устройство цемента – ґрунтовых оснований и покрытий: учебник. Москва: ГУШОСДОРА МВД СССР, 1951. 188 с.

51. Яковлева В.А. Исследование цементогрунта как материала для изготовления фундаментных блоков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / В.А. Яковлева; РИСИ. М., 1971. 34 с.

52. Соколович В.Е., Мотузов Я.Я., Котов А.И. Закрепление илов цемен-тами: Строительство на слабых водонасыщенных грунтах. Одесса: Госстрой СССР, 1975. С. 267-273.

53. Соколович В.Е., Мотузов Я.Я., Котов А.И. Применение илоцемент-ных свай в строительстве портовых сооружений : Основания, фундаменты и механика грунтов. 1976. №5. С. 64-68.

54. Технология изготовления грунтоцементных свай: Транспортное строительство. 1977. №10. С.64-69.

55. Токин А.Н. Проектирование состава цементогрунта для изготовления блоков : Тр. ин-та КСХИ. Киев, 1973. №67 (95). С. 42-47.

56. Токин А.Н., Мотузов Я.Я., Ветштейн А.И. Способ изготовления це-ментогрунтовых свай: Основания, фундаменты и механика грунтов, 1981. №8 С.29-33

57. Ковальський Р.К. Підсилення основ методом армування в умовах реконструкції: Будівельні конструкції: зб. наук. пр. – Київ: НДІБК, 2001. Вип.54. С. 98-102.

58. Устройство грунтоцементных свай: учебное пособие. Москва: Строй-издат, 1968. 33 с.

59. Устройство грунтобетонных свай: книга. М.: Стройиздат., 1968.234 с.

60. Вертикальное наклонное армирование структурно неустойчивых грунтов буросмесительной технологией: Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. пр. (будівництво). Київ: НДІБК, 2007. Вип. 66. С. 26-33.

61. Горизонтальное армирование грунтов в основаниях зданий: Міжвідомч. наук.-техн. зб. «Армування гр-в при буд-ві, рекон., захисті буд. та спор». Київ: НДІБК, 2001. Вип.55. С. 138-140.

62. Друкований М.Ф., Черній Г.И., Шокарев В.С. Армирование грунта при реконструкции зданий и сооружений: Міжвідомч. наук. – техн. зб.

«Реконструкція будівель та споруд. Досвід та проблеми». Київ: НДІБК. 2001. Вип.54. С. 251-259.

63. Друкований М.Ф., Корчевський Б.Б. Зміцнення ґрунтових підвалин армуючими подушками з скловолонистих сіток. Результати лабораторних випробувань: Міжвідомч. науково – техн. зб. «Механіка ґрунтів та фундаментобудування». Київ: НДІБК. 2000. Вип.53. Кн.2 С. 94-99.

64. Семко О.В., Петраш Р.В., Зоценко Л.М. Результати впровадження ґрунтоцементних паль як фундаментів будівель і споруд: Будівельні конструкції: міжвідомч. науково-техн. зб. Київ: НДІБК. 2007. Вип.66. С. 89-95.

65. Установка для проходки в ґрунтах: пат. 42283UA, МПК E21B 3/00. № и 200901349; заявл. 18.02.09; опубл. 25.06.09, Бюл. № 12. 6 с.

66. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Павлов І.Д. Горизонтальне армування ґрунтів – ефективний спосіб підсилення основ : Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 148. Т.2. С. 70-75.

67. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Степура І.В. О проблемах реконструкции зданий и способах их решения : Известия вузов. Строительство. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. Вып. 9(657). С.115-122.

68. Зоценко М.Л., Борт О.В., Бідношич М.В. До оцінки механічних властивостей ґрунтоцементу залежно від вмісту його складових : Зб. наук. праць Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. Полтава: ПНТУ, 2007. Вип.19. С. 44-52.

69. Самченко Р.В. Удосконалення технології вирівнювання нахилених будівель горизонтальним вибурюванням ґрунту із основи : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Дніпропетровськ, 2010. 19 с.

70. Галушко В.О. Технологічні основи інновацій при ремонті і відновленні будівель : автореф. дис. на здобуття ступеню доктора техн. наук.: спец. 05.23.08. Одеса, 2013. 39с.

71. Галушко В.О. Шляхи підвищення надійності та довговічності житлових будинків: монографія КПУ, м. Запоріжжя, 2008 р., 226 с.

72. Юхименко А.І. Матеріало та енергоощадна технологія укріплення ґрунтів основ при захисті будівель від деформацій : Матеріали міжнародної наук.-практ. конф. «Україна-Польща: діалог культур в контексті євроінтеграції» (25-27 вересня 2014 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ЗДІА, 2014. Т. II. С. 219-221.

73. Феценко В.Н. Справочник конструктора. Книга 1. Машины и механизмы: учебник. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 400 с.

74. Зоценко М.Л., Петрун М.В. Вплив на характеристики ґрунтоцементу літологічних особливостей ґрунту: Механіка ґрунтів та фундаментобудування: міжвідомч. науково – техн. зб. Київ: НДІБК. 2008. Вип.71. Кн.2. С. 27-34.

75. Звіт про науково-дослідну роботу "Експериментальне дослідження впливу технологічних факторів на процес формування горизонтальних ґрунтоцементних армуючих елементів", наказ №20-ОД від 26 серпня 2014р.; ЗВ НДІБК, м. Запоріжжя, 2014 р.,44с.

76. Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Зоценко В.М. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішуальним методом: монографія. Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 93с.

77. ДСТУ Б.В. 2.7-18-95. Будівельні матеріали. Бетони легкі. Загальні технічні умови [Чинний від 01.07.1995]. Вид. офіц. Київ: Держкоммістобудування України, 1995. 65 с.

78. Юхименко А.И., Самченко Р.В., Шокарев В.С. Малогабаритное оборудование и технологическая оснастка для укрепления ґрунтов буросмесительной технологией: Материалы научн.-техн. конф. с междунар. участием «Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике»(27-29 окт. 2013г., г. Москва). Москва: НОУ ВПО «ИНЭП», 2013. С.160-165.

79. Бурозмішувальне долото: пат. 73029 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). № у 201201856; заявл. 20.02.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 6 с.

80. Установка для горизонтальної проходки в ґрунтах: пат. 101409 UA, E21B 3/00 (2015.01). № у 201502596; заявл. 23.03.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 17. 3 с.

81. Установка для горизонтальної проходки в ґрунтах: пат. 73030 UA, МПК E21B 3/00 (2012.01). № у 201201857; заявл. 20.02.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 3с.

82. Установка для проходки в ґрунтах: пат. 84177 UA, МПК E21B 3/00 (2013.01). № у 201305182; заявл. 22.04.13; опубл. 10.10.13, Бюл. № 19. 3с.

83. Буровий верстат: пат. 73991 UA, МПК E21B 3/00 (2012.01). № у 201204614; заявл. 12.04.12; опубл. 10.10.12, Бюл. № 19. 5с.

84. Спосіб горизонтального армування ґрунтів: пат. 73103 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). № у 201202618; заявл. 05.03.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 4с.

85. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Шокарев В.С. Експериментальні дослідження впливу технологічних факторів на процес формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів: Основи і фундаменти: міжвідомчий наук.-техн. зб. Київ: КНУБА, 2015. Вип. 37. С. 145-155.

86. Юхименко А.І. Дослідження процесів утворення горизонтальних армоелементів для укріплення ґрунтів основ споруд за бурозмішувальною технологією: Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Дніпропетровськ, 2016. Вип. 10. С.98-106

87. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Шокарев А.В. О методике контроля качества армирования грунтов буросмесительной технологией: Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наукових праць. Київ: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Книга 2. С.520-527.

88. Спосіб реконструкції будинків, споруд: пат. 83660 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01), E02D 5/34 (2006.01). № у 201302945; заявл. 11.03.13; опубл. 25.09.13, Бюл. № 18. 5с.

89. Юхименко А.І. Технологічні аспекти горизонтального армування ґрунтів основ фундаментів за бурозмішувальним методом: Світ геотехніки. 2015. № 3(47). С. 21-25.

90. Юхименко А.І., Самченко Р.В. Про забезпечення ефективності відновлення деформованих будівельних об'єктів: Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. Київ.: НДІБВ, 2016. Вип. 61/1. С. 79-84.

91. Електромагнітна вимірювально-інформаційна система неруйнівного контролю параметрів напружено-деформованого стану інженерних конструкцій і споруд: пат.75876UA, МПК G01N27/90, G01M19/00. № u 2002054241; заявл. 23.05.02; опубл. 15.06.06, Бюл. № 6. 14 с.

92. Юхименко А.І., Шокарев Є.О. Застосування ефективного способу укріплення ґрунтів для підсилення основ фундаментів при реконструкції будівельних об'єктів: Матеріали IV міжнародної наук.-техн. інтернет-конф. «Будівництво, реконструкція і відновлення будівель міського господарства» (25 листопада – 25 грудня 2014 р., м. Харків). Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. С.125-127.

93. Спосіб усунення деформацій будівель, споруд: пат. 95510 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). № u 201407845; заявл. 11.07.14; опубл. 25.12.14, Бюл. № 24. 3с.

94. Юхименко А.І., Самченко Р.В. Про комплексні технології відновлення деформованих будівель та споруд, які зазнали кренів: Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. Київ: КНУБА, 2015. Вип. 55. С. 359-367.

95. Юхименко А.І. Технологія підсилення основ при відновленні деформованих будівель та при реконструкції об'єктів в стиснених умовах: Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наукових праць (будівництво). Київ: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Кн.2. С.528-534.

96. Юхименко А.І. Про великі можливості бурозмішувальної технології закріплення ґрунтів: Матеріали III Международной науч.-техн. интернет-

конф. «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства» Харьков: ХНАГХ, 2012. С.294-296.

97. Юхименко А.І., Павлов І.Д., Самченко Р.В. Організаційно-технологічні рішення підсилення основи фундаментів при надбудові поверху в процесі реконструкції будівлі готелю «Дніпро» в м. Запоріжжя: Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. Харків: ХНАМГ, 2013. Вип. 107. С.9-16.

98. Отчет о научно-технической работе " Укрепление грунтов основания двухэтажного здания учебно-воспитательного комплекса в с. Ряское Машевского района Полтавской области ", договор №306/14 от 17 декабря 2014 г.; - ЗО НИИСК, г. Запорожье, 2015 г.29с.

99. Бурозмішувальне долото: пат. 87878 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). № u 201309986; заявл. 12.08.13; опубл. 25.02.14, Бюл. № 4. 4с.

100. Тянь Р.Б. Планування діяльності підприємства: навч. Посібник, Київ: МАУП, 1998. 156 с.

101. Павлов І.Д. Моделі управління проектами: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1999. 316с.

102. Павлов І.Д. Оптимальні моделі організації будівельного виробництва: навч. посібник. Київ: СДО, 1993. 220с.

103. Ушацький С.А. Вибір оптимальних рішень в управлінні будівництвом. Київ: Будівельник, 1998. 200с.

104. Юхименко А.І., Гречко В.Ф., Гречко О.В. Досвід стабілізації деформацій будівлі горизонтальним армуванням ґрунту основи: Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наукових праць (будівництво). Київ: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Кн. 1. С.507-514.

105. Робочий проект. Рясківський навчально-виховний комплекс у с.Ряске Машівського району Полтавської області "Армування ґрунтів основи у вісях «1-3» горизонтальними елементами підвищеної жорсткості", договір 0589/14, ПНТУ ім. Ю.Кондратюка, м. Полтава, 2014 р.

106. Звіт з технічного обстеження технічного стану несучих будівельних конструкцій, основ і фундаментів Рясківського навчально-виховального комплексу у с. Ряске Машівського району Полтавської області, шифр №18-12/12, ФОП "Експерт Будівельний", м. Полтава, 2012 р.
107. P.S. Seco e Pinto. Ground improvement - New developments.-.- Proceedings of the 17 th. EYGEC, V. Sravits - Nossan (ed.), Zagreb: Croatia, 20-22 July.- 2006.- p.p. 3-36.
108. Kuokkanen M. Mass and Column for a Stabilization of Peat and Clay for a Road Embankment in Sodertalje, Sweden.- Proceedings of the 17 th. EYGEC, V. Sravits - Nossan (ed.), Zagreb: Croatia, 20-22 July.- 2006.- p.p. 123-132.
109. Степура И.В., Шокарев В.С., Трегуб А.С., Павлов А.В., Павленко В.П. Армирование лессовых грунтов оснований зданий и сооружений – Международная конференция по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. Пермь: ПГТУ. 2004. С. 213-21.
110. EN 1997-1:2004 Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1. General rules. 104 p.
111. EN 1536: 199, IDT. Execution of special geotechnical works. Bored piles. – 50 p.
112. Piling Engineering / K. Fleming, A. Weltman, M. Randolph, K. Elson. London: Taylor & Francis, 2009. 407 p.
113. Geotechnical engineering circular NO.8. Design and Construction of Continuous Flight Auger (CFA) Piles / D.A. Brown, D.D. Steven, W.R. Thompson, A.L. Carlos // Maryland: GeoSyntec Consultants, 2007. P. 293.
114. Tyson P. Design of reinforcement in piles: London, 1995. 63 p.
115. Design of pile foundation. Engineer manual. Washington: US Army Corps of Engineer, 1991. 114 p.
116. Wiemann J. Evaluation of pile diameter effects on soil-pile stiffness [electronic resource] J. Wiemann, K. Lesny, W. Richwien. Mode of access: <http://www.gigawind.de>.

Додаток А
Кошторисні розрахунки

Армування ґрунтів основи будівлі школи
ПЗГ 2901_2017

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-2
на укріплення ґрунтів основи похилими ґрунтоцементними армоелементами
Будівля школи**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 537,52546 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 9,48485 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 188,58984 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,7 розряд

Складений в поточних цінах станом на "9 листопада" 2016 р.

№ п/п	Об'єкт-вання (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	Тих, що обслуговують машини
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	РН7-2-1	Розбирання дощатих покриттів підлог	100м2	1,8	900,41 900,41	-	1620,74	1620,74	-	53,09	95,56
2	РН7-2-8	Розбирання цементних покриттів підлог	100м2	1,8	1374,40 947,39	427,01 72,13	2473,92	1705,3	768,62 129,83	50,88 4,3986	91,58 7,92
3	М38-7-4	Монтаж станків вертикального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ПЦЕ (всередині будівлі)	шт	12	1600,19 657,28	383,71 91,13	19202,28	7887,36	4604,52 1093,56	32 4,7818	384 57,38
4	Е4-21-1	Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	27,45	6619,90 920,17	5699,73 1095,86	181716,25	25258,67	156457,58 30081,36	50,31 70,4844	1381,01 1934,8
5	Е5-127-1	Цементация ґрунтів низхідним способом при поглиненні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	27,45	6401,73 2134,00	4256,78 1416,74	175727,49	58578,3	116848,61 38889,51	100 68,04	2745 1867,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6	С111-Т305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	82,35	1080,42	-	88972,59	-	-	-	-	
7	М38-7-4 к=0,4	Демонтаж станків вертикального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ГЦЕ (всередені будівлі)	шт	12	416,40 262,91	153,49 36,45	4996,8	3154,92	1841,88 437,4	12,8 1,9127	153,6 22,95	
8	РН7-17-6	Улаштування бетонної стяжки товщиною 20 мм площею понад 20 м2	100м2	1,8	2607,08 1185,35	23,85 20,44	4692,74	2133,63	42,93 36,79	63,66 1,1877	114,59 2,14	
9	РН7-17-10 к=12	На кожні 5 мм зміни товщини шару стяжки з важкого бетону додавати або виключати	100м2	1,8	4705,31 449,11	74,89 64,18	8469,56	808,4	134,8 115,52	24,12 3,7296	43,42 6,71	
10	РН7-23-4	Улаштування дощатих покриттів товщиною 36 мм площею понад 10 м2	100м2	1,8	19879,66 1663,33	9,58 8,21	35783,39	2993,99	17,24 14,78	87,04 0,4773	156,67 0,86	
Разом прями витрати по кошторису							463655,76	104141,31	280716,18 70798,75		5165,43 3900,46	
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі:							463655,76					
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							138798,27					
всього заробітна плата, грн.							174940,06					
Загальновиробничі витрати, грн.							73869,7					
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							418,96					
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							13649,78					
Всього будівельні роботи, грн.							537525,46					

Всього по кошторису							537525,46					
Кошторисна трудоємність, люд.год.							9484,85					
Кошторисна заробітна плата, грн.							188589,84					

Склад

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Армування ґрунтів основи будівлі школи
ПЗГ 2901_2017

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на укріплення ґрунтів основи горизонтальними ґрунтоцементними армоелементами
Будівля школи

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 455,86338 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 6,36046 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 122,27533 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,3 розряд

Складений в поточних цінах станом на "9 листопада" 2016 р.

№ п/п	Об'єкт-вання (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	заробітної плати	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	в тому числі заробітної плати	не зайнятих обслуговуванням машин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M38-6-4	Підпірна стінка (фундаменти школи) Монтаж станків вертикального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ГЦЕ	шт	6	278,17 139,67	138,50 21,11	1669,02	838,02	831 126,66	6,8 0,9834	40,8 5,9
2	E4-21-1	Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	1,75	6254,10 554,37	5699,73 1095,86	10944,68	970,15	9974,53 1917,76	30,31 70,4844	53,04 123,35
3	E5-127-1	Цементация ґрунтів низхідним способом при поглинанні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	1,75	4907,93 640,20	4256,78 1416,74	8588,88	1120,35	7449,37 2479,3	30 68,04	52,5 119,07
4	C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	5,25	1080,42	-	5672,21	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	E4-21-1	Укріплення укосу котловану Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	1,75	<u>6254,10</u> 554,37	<u>5699,73</u> 1095,86	10944,68	970,15	<u>9974,53</u> 1917,76	<u>30,31</u> 70,4844	<u>53,04</u> 123,35
6	E5-127-1	Цементация ґрунтів низхідним способом при поглинанні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	1,75	<u>4907,93</u> 640,20	<u>4256,78</u> 1416,74	8588,88	1120,35	<u>7449,37</u> 2479,3	<u>30</u> 68,04	<u>52,5</u> 119,07
7	C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	5,25	<u>1080,42</u>	-	5672,21	-	-	-	-
8	M38-6-4 к=0,4	Демонтаж станків вертикального буріння та технологічного обладнання	шт	6	<u>275,59</u> 220,19	<u>55,40</u> 8,44	1653,54	1321,14	<u>332,4</u> 50,64	<u>10,72</u> 0,3934	<u>64,32</u> 2,36
9	PH1-5-2	Розробка котловану Розробка ґрунту екскаватором з доробкою вручну, група ґрунту 2	100 м3	2,7417	<u>2193,71</u> 90,57	2103,14 342,08	6014,49	248,32	<u>5766,17</u> 937,88	<u>5,34</u> 19,318	<u>14,64</u> 52,96
10	M38-51-1	Утворення нижнього ряду ГЦЕ (1 ряд) Улаштування рейкових напрямних	ланка	5	<u>337,16</u> 337,16	-	1685,8	1685,8	-	<u>19,5</u>	<u>97,5</u>
11	M38-6-4	Монтаж станків горизонтального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ГЦЕ	шт	6	<u>278,17</u> 139,67	<u>138,50</u> 21,11	1669,02	838,02	<u>831</u> 126,66	<u>6,8</u> 0,9834	<u>40,8</u> 5,9
12	E4-21-1	Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	7,483	<u>6254,10</u> 554,37	<u>5699,73</u> 1095,86	46799,43	4148,35	<u>42651,08</u> 8200,32	<u>30,31</u> 70,4844	<u>226,81</u> 527,43
13	E5-127-1	Цементация ґрунтів низхідним способом при поглинанні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	7,483	<u>4907,93</u> 640,20	<u>4256,78</u> 1416,74	36726,04	4790,62	<u>31853,48</u> 10601,47	<u>30</u> 68,04	<u>224,49</u> 509,14
14	C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	22,449	<u>1080,42</u>	-	24254,35	-	-	-	-
15	M38-6-4 к=0,4	Демонтаж станків горизонтального буріння та технологічного обладнання	шт	6	<u>111,27</u> 55,87	<u>55,40</u> 8,44	667,62	335,22	<u>332,4</u> 50,64	<u>2,72</u> 0,3934	<u>16,32</u> 2,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	РН1-20-1	Утворення середнього ряду ГЦЕ (II ряд) Засипання вручну траншей, пазах котлованів та ям, група ґрунту 1	100 м3	0,4995	2940,86 2940,86	-	1468,96	1468,96	-	173,4	86,61
17	РН1-14-1	Уціплення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунту 1-2	100 м3	0,4995	2664,06 392,51	2271,55 385,69	1330,7	196,06	1134,64 192,65	21,08 23,6555	10,53 11,82
18	М38-51-1	Улаштування рейкових напрямних	ланка	5	337,16 337,16	-	1685,8	1685,8	-	19,5	97,5
19	М38-6-4	Монтаж станків горизонтального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ГЦЕ	шт	6	278,17 139,67	138,50 21,11	1669,02	838,02	831 126,66	6,8 0,9834	40,8 5,9
20	Е4-21-1	Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	7,483	6254,10 554,37	5699,73 1095,86	46799,43	4148,35	42651,08 8200,32	30,31 70,4844	226,81 527,43
21	Е5-127-1	Цементация ґрунтів низхідним способом при поглинанні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	7,483	4907,93 640,20	4256,78 1416,74	36726,04	4790,62	31853,48 10601,47	30 68,04	224,49 509,14
22	С111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	22,449	1080,42	-	24254,35	-	-	-	-
23	М38-6-4 к=0,4	Демонтаж станків горизонтального буріння та технологічного обладнання	шт	6	111,27 55,87	55,40 8,44	667,62	335,22	332,4 50,64	2,72 0,3934	16,32 2,36
24	РН1-20-1	Утворення верхнього ряду ГЦЕ (III ряд) Засипання вручну траншей, пазах котлованів та ям, група ґрунту 1	100 м3	0,4995	2940,86 2940,86	-	1468,96	1468,96	-	173,4	86,61
25	РН1-14-1	Уціплення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунту 1-2	100 м3	0,4995	2664,06 392,51	2271,55 385,69	1330,7	196,06	1134,64 192,65	21,08 23,6555	10,53 11,82
26	М38-51-1	Улаштування рейкових напрямних	ланка	5	337,16 337,16	-	1685,8	1685,8	-	19,5	97,5
27	М38-6-4	Монтаж станків горизонтального буріння, технологічного обладнання та розмітка розташування ГЦЕ	шт	6	278,17 139,67	138,50 21,11	1669,02	838,02	831 126,66	6,8 0,9834	40,8 5,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
28	E4-21-1	Колонкове буріння свердловин установками з електродвигуном глибиною буріння до 50 м у ґрунтах груп 2-4	100м	7,483	6254,10 554,37	5699,73 1095,86	46799,43	4148,35	42651,08 8200,32	30,31 70,4844	226,81 527,43	
29	E5-127-1	Цементація ґрунтів низхідним способом при поглинанні цементу і піску до 200 кг на 1 м цементованої частини свердловини	100м	7,483	4907,93 640,20	4256,78 1416,74	36726,04	4790,62	31853,48 10601,47	30 68,04	224,49 509,14	
30	C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400	т	22,449	1080,42	-	24254,35	-	-	-	-	
31	M38-6-4 к=0,4	Демонтаж станків горизонтального буріння та технологічного обладнання	шт	6	111,27 55,87	55,40 8,44	667,62	335,22	332,4 50,64	2,72 0,3934	16,32 2,36	
32	E1-139-1	Улаштування ґрунтових подушок на осідаючих ґрунтах методом поширового укочування	1000м3	0,1887	37162,68 49,57	37078,91 4392,20	7012,6	9,35	6996,79 828,81	3,06 211,1688	0,58 39,85	
Разом прями витрати по кошторису							407767,29	45321,9	278047,32 68060,68		2343,46 3744,04	
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальноновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальноновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							407767,29		84398,07 113382,58 48096,09 272,96 8892,75 455863,38			
Всього по кошторису							455863,38					
Кошторисна трудоємність, люд.год.							6360,46					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Кошторисна заробітна плата, грн.					122275,33				

Склав

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*

Перевірів

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*