

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого закладу освіти)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
(повне найменування інституту, назва факультету (відаілення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ  
ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО  
ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ»

Виконав: студент 2 курсу, групи Б-23мз  
спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Федорченко А. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент  
(вчений ступінь, посада)

Попович М. М.  
(прізвище та ініціали)

«10» 06 2025 р.

Опонент: к.т.н., професор  
(вчений ступінь, посада)

Коц І. В.  
(прізвище та ініціали)

«10» 06 2025 р.



Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого закладу освіти)

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво



## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Федорченко Анастасії Валентинівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах керівник роботи Попович М.М., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.03.2025 року №96

2. Строк подання магістрантом роботи 31.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Типові технологічні рішення вирівнювання геометричного положення будівель. Результати власних попередніх досліджень, результати огляду літературних джерел.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація).

1. Огляд літературних джерел, методи виконання робіт по вирівнюванню геометричного положення будівель. Вітчизняний та зарубіжний досвід.

2. Лабораторні дослідження роботи моделей фундаменту мілкового закладання при вирівнюванні методом вибурювання.

3. Пропозиції по вдосконаленню технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах

4. Технічна частина (розробка архітектурно-будівельного рішення об'єкту проектування та розробка технологічної карти з використанням результатів досліджень)

5. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту).

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 1. Науково-дослідний розділ – 8 - 10 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)  
 3. Архітектурно-будівельні рішення – 3 арк. (фасади, плани, розрізи, генплан, робочі креслення)  
 3. Технологічна карта – 1 арк. (схема виконання робіт; календарний графік виконання робіт; машини, механізми, інструменти та обладнання; техніка безпеки при виконанні робіт; вказівки до виконання робіт)

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Науковий розділ	Попович М. М., доц.	<i>М.М. Попович</i>	<i>М.М. Попович</i> 10.06
Технічна частина	Попович М. М., доц.	<i>М.М. Попович</i>	<i>М.М. Попович</i> 10.06
Економічна частина	Лялюк О. Г., доц.	<i>О.Г. Лялюк</i>	<i>О.Г. Лялюк</i>

7. Дата видачі завдання 29.01.2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	01.02-06.02.25	<i>вик</i>
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	07.02-15.03.25	<i>вик</i>
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	18.03-29.03.25	<i>вик</i>
4	Конструктивні рішення технічного об'єкту (технологія або організація будівельного виробництва)	30.03-12.04.25	<i>вик</i>
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	15.04-19.04.25	<i>вик</i>
6	Економічна частина	22.04-30.04.25	<i>вик</i>
7	Оформлення МКР	01.05-12.05.25	<i>вик</i>
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	13.05-17.05.25	<i>вик</i>
9	Попередній захист	23.05-24.05.25	<i>вик</i>
10	Опонування	27.05-03.06.25	<i>вик</i>

Студент *А.В. Федорченко*  
(підпис)

Федорченко А. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи *М.М. Попович*  
(підпис)

Попович М. М.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 624.15

Федорченко А. В. Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – промислове та цивільне будівництво. Вінниця: ВНТУ, 2025. 117с.

На укр. мові. Бібліогр.: 71 назв; Рис.: 25; табл. 8.

Метою роботи є удосконалення технології регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкого закладання шляхом буріння ґрунту вертикальними, горизонтальними або низькопохилими свердловинами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати методи, що дозволяють регулювати геометричне положення будівель і споруд;
- провести лабораторні дослідження для визначення ефективності методу регулювання геометричного положення на моделях фундаментів мілкого закладання;
- запропонувати удосконалену технологію регулювання геометричного положення будівель і споруд на нерівномірно деформованих основах.

Виготовлено обладнання для проведення експериментів, проведено модельний експеримент, запропоновано нові технічні і технологічні рішення ефективного вирівнювання.

В технічній частині роботи розглянуто використання запропонованого автором способу вирівнювання геометричного положення будівель та споруд на прикладі офісного будинку. Виконано економічний розділ.

Магістерська кваліфікаційна робота містить 20 аркушів графічної частини.

Ключові слова: геометричне положення, крен, деформовані основи, технологія вирівнювання, експеримент, спосіб.

## ABSTRACT

Fedorchenko A. V. Improving the technology of leveling the geometric position of buildings on unevenly deformed foundations. Master's qualification work in specialty 192 - construction and civil engineering, educational program - industrial and civil construction. Vinnytsia: VNTU, 2025. 117p.

In Ukrainian. Bibliography: 71 titles; Fig.: 25; table. 8.

The purpose of the work is to improve the technology of regulating the geometric position of buildings and structures on shallow foundations by drilling the soil with vertical, horizontal or low-inclined wells.

To achieve the goal, it is necessary to solve the following tasks:

- analyze the methods that allow regulating the geometric position of buildings and structures;
- conduct laboratory studies to determine the effectiveness of the method of regulating the geometric position on models of shallow foundations;
- to propose an improved technology for regulating the geometric position of buildings and structures on unevenly deformed bases.

Equipment for conducting experiments was manufactured, a model experiment was conducted, and new technical and technological solutions for effective alignment were proposed.

The technical part of the work considers the use of the method proposed by the author for aligning the geometric position of buildings and structures on the example of an office building. An economic section is completed.

The master's qualification work contains 20 sheets of the graphic part.

Keywords: geometric position, roll, deformed bases, alignment technology, experiment, method.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПРИЧИНИ НЕРІВНОМІРНОГО ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ТА МЕТОДИ ЇХ КОРЕКЦІЇ	11
1.1 Проблема нерівномірних деформацій основи при стабілізованих і нестабілізованих осіданнях	11
1.2. Проблеми, пов'язані з властивостями надр	17
1.3. Проблеми, пов'язані з фундаментами	21
1.4. Проблеми, пов'язані з антропогенною діяльністю	22
1.5. Існуючі методи вирівнювання геометричного положення будівель в разі нерівномірною осідання	25
1.6 Аналіз існуючих методів розрахунку при проектуванні заходів щодо зменшення нерівномірності осідання плитних фундаментів бурінням	38
Висновки	41
2. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МОДЕЛЕЙ ФУНДАМЕНТУ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ ПРИ ВИРІВНЮВАННІ МЕТОДОМ ВИБУРЮВАННЯ	43
2.1. Постановка завдання експериментальних досліджень	43
2.2. Лабораторна установка та обладнання	43
2.3. Методика проведення досліджень у лабораторних умовах	45
2.4. Аналіз результатів	50
Висновки	52
3 ПРОПОЗИЦІЇ ПО УДОСКОНАЛЕННЮ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ	53
3.1 Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель і споруд	53
3.2 Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд	56
3.3 Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель	59
Висновки	63
4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	65
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	65

4.1.1 Вихідні дані	65
4.1.2 Генплан	66
4.1.3 Об'ємно-планувальне рішення	67
4.1.4 Конструктивне рішення	69
4.1.5 Інженерне устаткування	70
4.1.6 Теплотехнічний розрахунок	73
4.2. Основні будівельні матеріали	75
4.3 Основи і фундаменти	82
4.4 Технологічна карта на вирівнювання геометричного положення будівлі	84
4.4.1 Вступ. Загальні вимоги.	84
4.4.2 Склад виробничих процесів при вирівнюванні геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням	87
4.4.3 Вимоги до організації будівельного майданчика	88
4.4.4 Буріння свердловин, влаштування розширення	90
4.4.5 Контроль якості операцій при вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням	94
4.4.6 Інструкція з організації роботи	95
4.4.7 Техніко-економічні показники	96
Висновки	96
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	97
Висновки	107
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	110
Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	118
Додаток Б. Графічна частина	119

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час в містах усього світу активно розвивається багатоповерхове (висотне і висотне) будівництво, в тому числі і на слабких водонасичених і сильно стисливих ґрунтах. Це викликає ряд проблем, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності об'єктів, зокрема, з дотриманням нормативних показників по абсолютному і відносному осіданню, а також відхиленням каркаса будівлі від вертикалі в результаті чого відбувається його крен. Найбільш небезпечними, з точки зору надійності і безпеки, є випадки просторово складних і нестабілізованих у часі нахилів будівель. Незважаючи на загальновідомі широко поширені методи зміцнення фундаментів і вирівнювання геометричного положення будівель і споруд, невирішеною залишається проблема стабілізації осідання фундаментів і ліквідації кренів об'єктів в умовах слабких фундаментів зі складними, нестабільними нахилами.

Таким чином, розробка методу вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах і контрольованого регулювання нерівностей осідань будівель і споруд на слабких основах є **актуальним завданням.**

**Ступінь розвитку теми дослідження.** Розглянуто питання створення теоретичної розрахункової бази для визначення напружено-деформованого стану ґрунту в умовах наявності порожнин заданої форми застосування технологій зі стабілізації осідань та зниження їх нерівномірності, регулювання геометричного положення будівель та споруд займалися такі вчені, як А.А. Бартоломей, А.Н. Богомоллов, Ю.К. Болотов, Л.К. Гінзбург, А.Л. Готман, Н.З. Готман, Б.І. Далматов, П.А. Коновалов, К.В. Корольов, В.В. Конюшков, С.М. Клепіков, В.В. Лушников, А.Г. Малінін, А.І. Поліщук, А.Б. Пономарьов, Я.А. Пронозін, А.П., Пулатов, Р.В. Самченко, Г.М. Скібін, Є.А. Сорочан, І.В. Степура, З.Г. Тер-Мартиросян, В.І. Чаплигін, М. Jamiolkowski, J.V. Burland, M. Pepe, C.Viggiani, D.M. Potts, J.K. Mitchell, N. Muhra, P. Marinos, A.J. Klettke, Q. Yue, X. Zhang, Y. Chen та ін. [1 -14]/

**Об'єкт дослідження:** технології вирівнювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах, розташованих на нерівномірно деформованих основах.

**Предмет дослідження:** технологічні параметри удосконаленого способу ліквідації нахилу споруд з метою контрольованого регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкового закладання.

**Метою кваліфікаційної роботи** є удосконалення технології регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкового закладання шляхом буріння ґрунту вертикальними, горизонтальними або низькопохилими свердловинами.

**Задачі дослідження:**

- проаналізувати методи, що дозволяють регулювати геометричне положення будівель і споруд;
- провести лабораторні дослідження для визначення ефективності методу регулювання геометричного положення на моделях фундаментів мілкового закладання;
- виявити найбільш значущі параметри буріння, що впливають на ефективність процесу ліквідації нерівномірних осідань і вирівнювання валків;
- запропонувати удосконалену технологію регулювання геометричного положення будівель і споруд на нерівномірно деформованих основах.

**Наукова новизна роботи** полягає в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні технологічних параметрів, які дозволяють ефективно застосовувати методи влаштування свердловин для нівелювання нерівномірності осідань і контрольованого регулювання геометричного положення будівель і споруд, на нерівномірно деформованих основах.

В рамках дослідження були отримані наступні **наукові результати:**

- на основі аналізу існуючих технологій вирівнювання геометричного положення запропоновано та обґрунтовано спосіб керованого регулювання

геометричного положення будівель та споруд на фундаментах мілкого закладання в умовах нерівномірно деформованих основ;

– розроблено методику визначення основних параметрів свердловин при бурінні ґрунтів для зниження жорсткості основи з метою контролю геометричного положення будівель та споруд на фундаментах мілкого закладання;

**Теоретична значущість роботи** полягає в аналітичних рішеннях і теоретичному обґрунтуванні ефективності технології ліквідації нерівномірного осідання будівель і споруд на фундаментах мілкого закладання в умовах нерівномірно деформованих основ.

**Практична значущість роботи** полягає в обґрунтуванні, розробці та доведенні ефективності методу регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкого закладання в умовах нерівномірно деформованих основ.

#### **Методологія та методи дослідження:**

1. Порівняльний аналіз методів зменшення нерівномірності осідання мілкозаглиблених фундаментів на основі досвіду вітчизняних і зарубіжних вчених.

2. Лабораторні дослідження для встановлення закономірностей впливу буріння вертикальних свердловин різної глибини на процес зменшення нерівностей осідання.

3. Проєктування технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах на основі технічного об'єкту.

**Особистий внесок автора** полягає в розробці способу регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкого закладання на нерівномірно деформованих основах, плануванні та проведенні модельного експерименту, визначенні найбільш значущих факторів, що впливають на процес зниження нерівномірності осідань фундаменту.

#### **Положення, що підлягають захисту:**

– обґрунтування запропонованого методу регулювання геометричного положення будівель і споруд на основі аналізу відомих методів та інженерних прийомів;

– результати лабораторних досліджень ефективності методу буріння свердловин в ґрунтовій основі фундаментів мілкового закладання на моделях;

– виявлення закономірностей і визначення найбільш значущих параметрів буріння свердловин в ґрунтовій основі.

### **Апробація результатів**

Результати дослідження були апробовані на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету НТКП ВНТУ (2025).

### **Публікації за темою дослідження**

Основні результати дослідження представлені в тезах «Технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах» [70] <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/23526/19617>.

**Особистий внесок автора** полягає в аналізі літературних даних, безпосередній участі в розробці, підготовці та проведенні експериментів, аналізі та обговоренні отриманих результатів. Формулювання завдань, обговорення всіх наукових результатів і положень, викладених в роботі, здійснювалося спільно науковим керівником. За результатами дослідження була зроблена доповідь на конференції та підготовлено і подано для реєстрації в «УКРПАТЕНТ» три заявки на патенти у співавторстві.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Структурно робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг – 117 сторінок, включає 8 таблиць, 25 рисунків та фотографій, список використаних джерел.

## 1 ПРИЧИНИ НЕРІВНОМІРНОГО ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ТА МЕТОДИ ЇХ КОРЕКЦІЇ

1.1 Проблема нерівномірних деформацій основи при стабілізованих і нестабілізованих осіданнях

За даними Далматова Б.І., при різних конфігураціях нерівномірного осідання і з урахуванням впливу жорсткості конструкцій будівель і споруд можуть виникати такі види деформацій: прогин, перекус, нахил, горизонтальне переміщення фундаментів.

**Нахил конструкції.** За визначенням Далматова Б.І.: це поворот рами по відношенню до центральної вертикальної осі. Такий результат взаємодії конструкції і основи можливий, якщо основа навантажена асиметрично або має асиметричне нашарування ґрунтів щодо вертикальної осі споруди. Нахил - одна зі складних, важко усувних деформацій будівлі, викликаних нерівномірними осіданнями в плані (рис. 1.1).

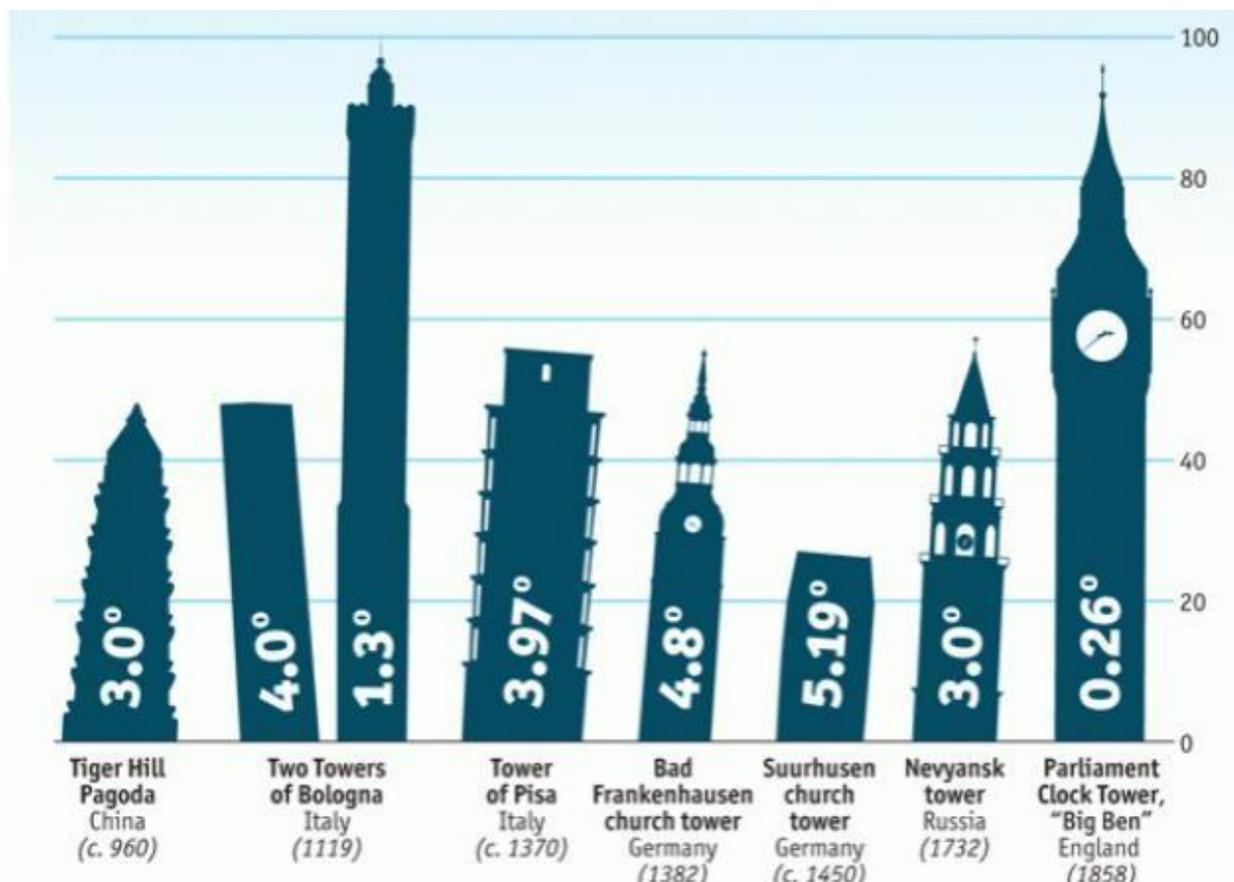


Рис. 1.1 – Найвідоміші в світі будівлі і споруди з нахилом

Найчастіше, за умови, що основа складена слабкими пілоподібно-глинистими ґрунтами, деформації основи носять прогресуючий характер, тобто нерівності осідання з часом наростають. Така ситуація може привести до значного нахилу каркаса будівлі, що в свою чергу призводить до появи ексцентриситету навантаження і можливої втрати стійкості основи [18].

Яскравим прикладом такої ситуації є 13-поверхова будівля в місті Олександрії (Єгипет) (рис. 1.2), основною причиною обвалення була прогресуюча нерівномірність осідання, що виражалася в значному нахилі і подальшому обваленні будівлі. Як пізніше встановили фахівці, причиною нерівномірного осідання стала сукупність факторів: порушення при будівництві, розмивання фундаменту ґрунтовими водами, знесення сусідньої будівлі [13].



Рис. 1.2 – Обвалення житлового будинку в Олександрії (Єгипет)

Однією з основних причин нерівномірності осідань, викликаних деформацією фундаментів, є геотехнічні проблеми, пов'язані з правильним

визначенням пластів інженерно-геологічних елементів і характеристик ґрунтової основи, а також пов'язаного з цим проектуванням фундаментів [17].

Нахил будівлі часто розглядається як постійна, непоправна несправність. Як наслідок, споруди з ухилом понад 5% зазвичай зносяться [30], без урахування можливого випрямлення. З іншого боку, якщо нахил менший і стосується «тільки» як а проблеми з працездатністю (деформації землі та/або конструкції, тріщини на стінах), без явної небезпеки руйнується, рішення про ремонтні роботи часто відкладаються або проблема просто ігнорується. Однак, особливо коли житловий будинок стає нахиленим, це може стати величезною незручністю для його мешканців.

На основі досліджень М. Kawulok [31] встановлено, що нахил 20 – 25 мм/м сильно впливає на користувачів, тоді як нахил понад 25 мм/м часто викликає такі зниження комфорту, що подальше використання об'єкта стає неможливим. Окрім негативу вплинути на самопочуття користувачів, можуть виникнути інші проблеми, наприклад: нестабільна робота обладнання елементи (меблі, вікна, двері тощо), проблеми, пов'язані зі стоком води (зворотний градієнт труб або жолобів тощо), а також несправність підйомних пристроїв. Рівень дискомфорту залежить від інтенсивності та тривалості (сезонної чи постійної) проблеми. У комунальних закладах або промислових об'єктів (особливо тих, що містять технологічні лінії), недотримання будь-якої з граничних стани працездатності іноді означають, що об'єкт більше не може виконувати свої основні функції [32].

Найбільш проблемними в плані випрямлення є історичні будівлі, оскільки їх геотехнічні або конструкційна документація часто відсутня. Крім того, ці структури зазвичай розташовані в історичні центри міст або залишаються під охороною організацій культурної спадщини, що робить консервація працює ще складніше і часто призводить до відкладення виправлення. Також варто зауважити, що іноді завдяки особливості похилих будівель вони стають туристичні пам'ятки. Найбільш відомим і

проаналізованим прикладом є Пізанська вежа, яка приваблює мільйони туристів на рік через його ненормальний вигляд.

Її називають а Tower of Troubles, що в перекладі означає вежа неприємностей, занепокоєння або неспокійна вежа. Протягом останнього десятиліття інженери і конструктори ламали голову, намагаючись з кожним роком зупинити процес збільшення її нахилу. Історія вежі налічує безліч невдалих спроб зупинити її повільне падіння:

- Вежа витримала надбудовану дзвіницю 1360 року, укріплену в 1934 році, коли було пробурено 361 отвір, які заповнили вапняним розчином, що змусило «нещасну» вежу нахилитися ще більше.

- Вежа тоді пережила «чорний вересень» 1995 року, коли ґрунт навколо неї заморозили для того, щоб під час реставраційних робіт встановити сталеві троси, що призвело до того, що нахил вежі за одну ніч збільшився на річне значення.

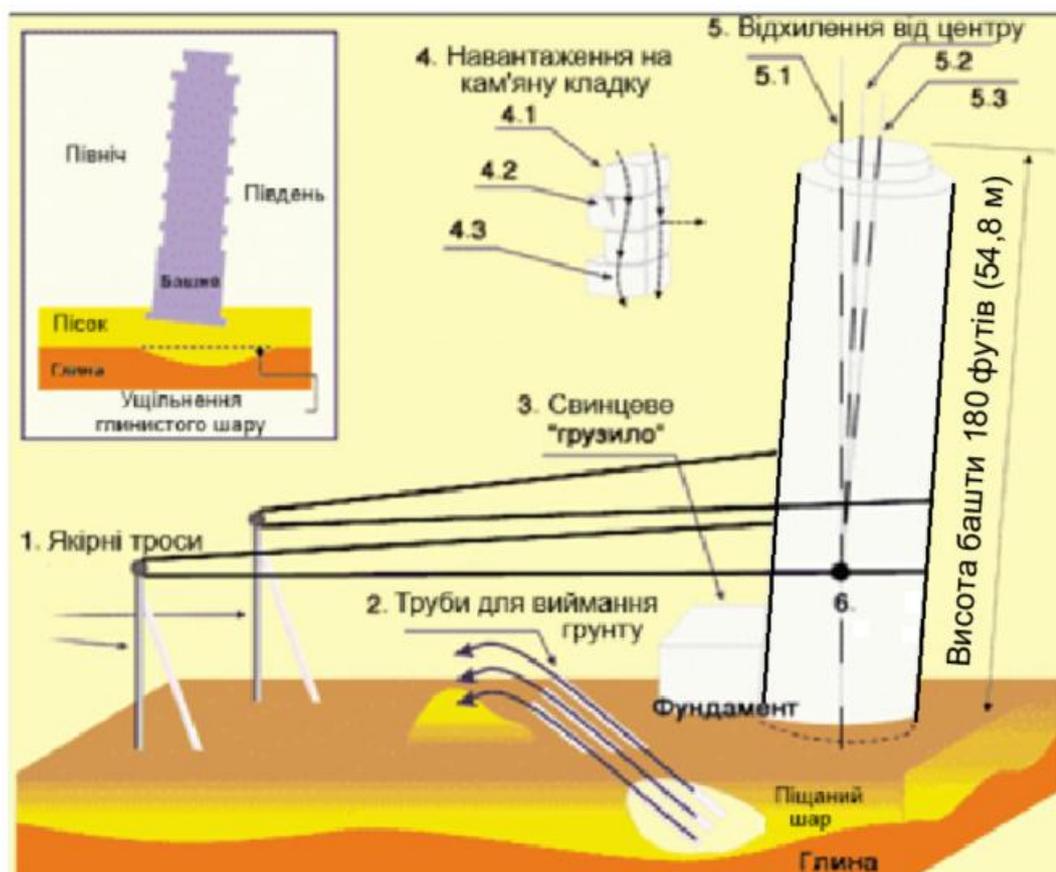


Рис. 1.3 – Технічні рішення по Пізанській вежі

У минулому столітті було створено і розпущено 15 комісій з відновлення вежі. І хоча «уряд проявляв мало інтересу до вирішення проблеми, постійно виникали розбіжності з приводу запропонованих численних інженерних рішень». Але насправді всі рішення зводилися до того, що вирівнювати крен до строго вертикального положення вежі було недоцільно.

У результаті тривалих обговорень було ухвалено рішення зупинитися на проекті вартістю \$40 млн.

Основна ідея полягала в тому, щоб повернути вежі, будівництво якої почалося в 1173 році, до її 184-річного кута нахилу (зробити її на  $0,5^\circ$  прямішою, взявши ґрунт з-під вищої частини фундаменту). Очікувалося при цьому, що більш піднятий бік вежі осяде, за рахунок чого крен зменшиться.

Джон Берланд (John B. Burland)[33], інженер-геотехнік, використовував систему відбору проб ґрунту через 41 діагональну свердловину, що дозволило зменшити нахил вежі, не змінюючи її зовнішнього вигляду.

#### 1. Якірні троси.

Застосування сталевих тросів з обважнювачами в 1998 році для стабілізації конструкції при проведенні земляних і земляних робіт. Кожен трос довжиною 102 м утримував вантаж вагою до 150 тонн.

#### 2. Труби для виймання ґрунту.

Нахил у південному напрямку призвів до того, що північна сторона вежі піднялася. Саме звідси було пробурено близько  $50\text{м}^3$  ґрунту за допомогою 41 труби, прокладеної під кутом. Це дозволило вежі піднятися майже на 400 мм.

#### 3. Свинцеве «грузило».

На противагу було використано до 830 тонн свинцю. "Грузило" було знято в січні 2001 року.

#### 4. Навантаження на кладку.

Вежа являє собою порожнистий циліндр, облицьований мармуровими блоками. Тонкі кабелі оперізують другий поверх, точку максимального навантаження на кладку, щоб запобігти її відхилення.

#### 4.1 Мармурові блоки

## 4.2 Тріщини

## 4.3 Напрямок навантаження

## 5. Відхилення від центру.

У південній частині Пізанської вежі ґрунт більш мулистий і глинистий, ніж під північною частиною, через різницю в осадових відкладеннях вежа почала нахилитися відразу після того, як була побудована. У 90-х роках ХХ століття інженери прийшли до висновку, що нахил створює серйозне навантаження для кладки вежі і є прямою загрозою її руйнування. Вдалося зупинити крен і повернути вежу майже на 400 мм до первісного стану, чого цілком достатньо для безпечного існування пам'ятника.

### 5.1 Вертикальне положення

### 5.2 Сьогодні (нахил п'яти приблизно на $5^\circ$ )

### 5.3 До 1993 року (нахил п'яти складав приблизно $5,5^\circ$ ).

## 6. Точка повороту

Будівництво почалося в 1173 році, але було припинено через 5 років, коли було виявлено північний крен. Інженери подолали перші труднощі, роботи були відновлені в 1272 році, коли вежа почала нахилитися на південь. Південний крен було зупинено в 1370 році, а до 1817 року крен досягав  $5^\circ$ . Неодноразові спроби впоратися з креном в 1838, 1934, в 60-70-х роках ХХ століття тільки збільшили крен.

Об'єкт був наданий для використання в 2001 році, після того, як він був достатньо вирівняний для безпечного використання [35]. Цей приклад показує, що повне випрямлення будівлі є не завжди бажаним.

Аналізуючи перераховані вище фактори, можна виділити основні причини, що призводять до розвитку нерівномірного осідання будівель і споруд [29]:

Неточності при виконанні комплексу інженерно-геологічних випробувань. Цей вид похибки виникає при неякісному виконанні геологічних випробувань [1]. В результаті можуть виникати помилки у визначенні характеристик і шаруватості ґрунтів фундаменту при проектуванні

конструкції фундаменту. Однак можливі помилки в проектних розрахунках і через людський фактор.

1. Поширеною проблемою є помилки на етапі робіт по влаштуванню фундаментів і підготовці основи, а саме порушення технологічних послідовностей при влаштуванні фундаментів, відхилення від проектних рішень, використання матеріалів, що не відповідають нормативам.

2. Однією з причин утворення нерівномірних осідань можна назвати техногенний фактор або порушення, пов'язані з експлуатацією будівлі: прориви в колекторах і комунікаціях, зведення сусідніх будівель без урахування взаємного впливу, локальне замокання основи, що призводить до зміни характеристик ґрунту під окремими частинами фундаменту, що в подальшому призводить до нерівномірного осідання фундаменту. В процесі експлуатації керуючі компанії зазвичай не стежать регулярно за положенням поставленого завдання, тому проблеми виявляються на більш пізньому етапі, коли відхилення стають візуально помітними [21].

## 1.2 Проблеми, пов'язані з властивостями надр

Природна неоднорідність надр (різноманітність товщини, перешарування, різна стисливість і ступінь попередньої консолідації тощо) слід завжди мати на увазі під час проектування, як вони складають основні причини нерівномірного осідання. Несподівана зміна консистенції ґрунту під фундаментом, наприклад природними коливаннями ґрунтових вод, затопленням або засухою; або різке застосування навантаження у випадку дрібних ґрунтів може призвести до зниження несучої здатності, що зазвичай і відбувається також викликає нахил будівель. Це були причини нахилу, а в деяких випадках і далі відмови багатьох відомих об'єктів. Тут слід згадати про проблему поступового нахилу об'єктів через явища, що відбуваються в землі, відноситься майже виключно до випадків, коли під будівлею знайдено зв'язний та/або органічний ґрунт. Це виникає внаслідок низької водопроникності, тобто тривалого (багато років) часу консолідації та/або

повзучості. Незв'язні ґрунти рідко викликають такі проблеми, оскільки часто закінчується процес їх об'ємних змін під навантаженням до введення будівлі в експлуатацію.

Один із відомих прикладів об'єктів, нахилених вертикально через наявність слабкої когезії ґрунтом є Мехіко Метрополітенський собор у Мехіко, який був побудований між 1573 і 1813. Об'єкт осідав протягом багатьох років, протягом яких було зроблено багато (неефективних) спроб випрямити помилку. Максимальний нахил припав на 1989 р., коли різниця в опусканні протилежні висоти (тобто західна вежа та апсида) досягали 2,4 м [36]. У 1995 р. нахил до в півдня дорівнював від  $0,11^\circ$  до  $1,15^\circ$ , а на схід - від  $1,72^\circ$  до понад  $2,86^\circ$ .

Будівельні роботи в Мехіко завжди було неймовірно складним завданням, оскільки майже вся територія вкрита м'яким покриттям озерні глини з високим рівнем насиченості, низькою міцністю на зсув і виключно високою стисливістю [37]. Просідання відбулося внаслідок зміни стану ґрунтових вод надмірної експлуатації водоносних шарів під містом та швидкого зниження рівня ґрунтових вод (з 3,5 м у 1972 р. до 7,4 м у 1990 р.). Однак, за даними Puzrin et al. [29], найбільш значимі фактором нахилу собору була нерівномірна стисливість надр через різницю в історія напруги землі. Місто було в основному імперією ацтеків з багатьма історичними пам'ятками споруди (наприклад, піраміди), які були знесені в 16 столітті після приходу іспанських конкістадорів. При будівництві нинішнього Мехіко вторинна консолідація земля була започаткована на місцях попередніх будівель ацтеків, тоді як в інших місцях початкова консолідація була активною. Історичні дані показали, що собор був побудований частково на залишках ацтекського храму [29]. Завдяки стабілізаційним роботам (розкопкам), проведеним у 1993 – 1998 рр., нахил стінок зменшився на  $0,34^\circ$  від середнього початкового значення майже  $1,15^\circ$  [35].

Примітний випадок, в якому виявилася занадто висока швидкість навантаження і невідповідна розпізнавання умов ґрунту (на недостатню

глибину; ефективний замість загальної міцності на зсув параметри), що спричинило не тільки нахил, але й обвал об'єкта (досягнення ULS), був провал зернових елеваторів у Трансконі (Канада) у 1913 р. Конструкція складалася із залізобетонного робочого будинку і прилеглих бункерів, який містив п'ять рядів по 13 бункерів, кожен висотою 28 м і 4,4 м в діаметрі. Після завершення будівельних робіт почали засипати бункери зерном. Коли було досягнуто 87,5% потужності елеваторів, об'єкт почав осідати на західній стороні, досягаючи 30 см протягом години. Протягом наступних 24 годин майже 27° вертикального нахилу було досягнуто. Східна сторона об'єкта почала нависати на 1,5 м над початковим рівнем, а західна сторона поглиблена на 9 м. Це був класичний приклад невдачі, викликаної недостатністю несуча здатність ґрунту. Під об'єктом жорстка глина (з недренованою міцністю на зсув  $c_u = 54$  кПа), характерна для цього регіону. Однак локально на 7,5 м під рівнем поверхні та всередині діапазону навантажень об'єкта, була також слабша, нерозпізнана, глина (з  $c_u = 31$  кПа), яка несучою здатністю викликала обвал [29]. Ця історія розкриває важливість належним чином заплановані дослідження та/або лабораторні тести.

Інші приклади об'єктів, нахилених через умови землі, - дві китайські пагоди: Хучжу на пагорбі Тяньмашань у районі Сунцзян у Шанхаї та пагода Тигровий пагорб, також відома як Пагода Юньянь в Сучжоу на сході Китаю. Перша відноситься до найдавніших кам'яних пагод в Китаї. Кам'яна споруда має восьмикутну форму, розміри якої досягають  $4 \times 4$  м. висотою 18,8 м, була побудована в 11 ст. Наразі кут нахилу об'єкта досягає 6,5° на південь (на 1° більше, ніж кут нахилу Пізанської вежі). Швидше за все, його нахил було викликано неоднорідними шарами ґрунту, для яких жорсткість змінювалася з глибиною. Через брак будь-якої достовірної документації, ці припущення ґрунтуються на дослідженні ґрунту добутого в безпосередній близькості від будівництва [39], який складався переважно з мулів і глин.

Причини нахилу пагоди Тигрового пагорба були схожими, нахил стався до цієї сторони вежі, де шар несучого ґрунту був тоншим [40]. Будівництво

47-метрової висоти об'єкту, нахиленого вертикально на 2,32 м ( $2,8^\circ$ ), розташованого на фундаменті, який наполовину лежить на скелі та половина на ґрунті – це додатково посилювало різницю в осіданні [41]. Пагоди не виправлені дотепер.

Існує наявність лінзи ґрунту дуже різної стисливості під кутом до фундаменту мабуть, найпоширеніша причина нахилу будівель. Наприклад, Rossiński [42] описав випадок 13-поверхового житлового будинку в Жешуві (південно-східна Польща), один край якого осів. приблизно 35 см, тоді як інший – «лише» близько 14 см, що дає характерний нахил. Цей об'єкт був заснований на м'яких і дуже м'яких органічних ґрунтах з піщаною лінзою глибиною 2 м під одним кутом.

Несучий ґрунт залягав на глибині 12 м. Цей об'єкт був остаточно виправлений за допомогою комбінованих методів.

Слід мати на увазі, що нахил будівлі також може бути результатом нерівномірного розширення ґрунту під об'єктом, а не тільки стиснення. Ця проблема стосується ґрунтів, що містять природні експансивні корисні копалини, наприклад монтморилонітових глин, але також може зустрічатися в антропогенних ґрунтах, наприклад шлак електростанції або активна зола-винесення. Прикладом такої невдачі може бути силос для вапна висотою 18 м на аскляного заводу в м. Домброва-Гурнича (Польща) [43], який нахилився на  $0,65^\circ$  – на величину, достатню для порушення експлуатації об'єкта. Причиною диференціального здуття виявилася шлак електростанції різної товщини, який засипав підпірну стінку, за якою розташовувалася конструкція. Шлак містив вільний СаО, що викликало набухання матеріалу. Для стабілізації конструкції декілька були запропоновані рішення, включаючи горизонтальний і вертикальний дренаж, стіну струменевого цементування для відсікання водоприплив і якірна стоянка.

Яскравим прикладом техногенної причини утворення нерівномірного осідання є інцидент, що стався в місті Краматорськ (Україна). У основі, на кутах двох прямокутних будівель, зчеплених між собою в «Г»-подібній формі,

стався прорив комунікацій, в результаті активного замочування ґрунтів ділянки нахилилися одна до одної. В результаті взаємного тиску несучі конструкції обох секцій почали руйнуватися, будинки були розселені і згодом демонтовані.

### 1.3. Проблеми, пов'язані з фундаментами

Чудовий приклад полумок, викликаних недостатньою глибиною закладення та підбору невідповідні матеріали фундаменту можуть бути нахилом багатьох відомих веж у Венеції, напр. дзвіниця церкви Chiesa di Santo Stefano, Кампаніла на площі Сан-Марко або дзвіниця на вул. церква Сан-Джорджо деї Гречі. Також сприяла наявність слабких і стислих ґрунтів цих випадках (верхні шари складаються в основному з насичених пісків, мулів і глин), однак, якщо фундаменти були захищені та виконані відповідним чином, щоб уникати або обмежувати ймовірний нахил. Тип фундаменту, який найчастіше виконується для важливих об'єктів (наприклад, дзвіниці) була пальова основа. Через високу вартість і трудомісткість їх виконання, палі рідко перевищували довжину 3 м і діаметр 25 см, таким чином фундаменти лише частково задовольняли вимоги – навантаження передано на слабкостисливий ґрунт, а не на підстилаючий несучий ґрунт. Крім того, більшість дерев'яних паль з тих пір не були замінені до початку минулого століття [44]. Дерев'яні фундаменти, як правило, є хорошим рішенням лише в при постійному рівні ґрунтових вод, тому що при коливаннях ґрунтових вод матеріал починає гнити. Регулярної консервації таких паль не обійтися.

Подібними були причини нахилу понад 27-метрової вежі пізньосередньовічної церкви в с. Suurhusen (Німеччина). Її нахил дорівнює  $5,19^\circ$ , чого було достатньо для того, щоб потрапити в Книги рекордів Гіннеса як найбільш нахиленої вежі у світі, яка ненавмисно нахилена [45]. Церква була побудована в 13 столітті в тині, з дубовими фундаментами стовбурів, які протягом багатьох років зберігалися ґрунтовими водами. У 19 столітті

навколишня територія була осушена, що спричинило розкладання деревини та спричинило нахил вежі.

Шпиль церкви був закритий для відвідувачів у 1975 році з міркувань безпеки, але знову відкритий у 1985 році будучи посиленим. Ці ж фактори спричинили також нерівномірне залягання меморіального годинника Альберта в Белфаст [46] - об'єкт вирівняно за допомогою підкладки.

Що стосується невідповідної ширини або глибини фундаменту, то можна припустити, що більша глибина закладення Пізанської вежі також зменшить або запобіжить її нахилу – фундаменти вежі закладені на глибині всього 2 м при ширині основи 20 м [47]. Один із контрзаходів, застосованих під час останніх стабілізаційних робіт Пізанської вежі, приєднання до неї фундаментів з навколишньою стіною в ґрунті, що збільшило ефективну площу фундаменту.

#### 1.4. Проблеми, пов'язані з антропогенною діяльністю

Звичайний підземний видобуток корисних копалин для видобутку вугілля, нафти, кам'яної солі чи інших ресурсів має протягом століть реалізовувався в багатьох країнах світу. Така експлуатація завдає шкоди гірському масиву та як внаслідок цього послідовні шари гірських порід і ґрунту деформуються, що зрештою спостерігається на поверхні. Проблема стосується багатьох регіонів світу, напр. вугілля Острава-Карвіна басейну в Чехії або Рурського округу в Німеччині. Одне з найбільш постраждалих міст Верх Сілезія – це Битом, історія якого налічує понад 100 років. Гірничі роботи привели тут до особливо сильних деформацій ґрунту. Часто буває, що замість використання дорогої гідравлічної засипки для заповнення простору, що залишився після видобутку вугілля (що зменшить деформації поверхні), віддають перевагу компенсації витрат на ремонт будинків. Один із задокументованих прикладів вертикального нахилу будівлі, спричиненого гірничими роботами, був 4-поверховий кам'яний будинок, описаний Sternik & Gromysz [48]. Збудований за традиційною технологією мурування як а єдина

будівля з повним фундаментом, без деформаційних швів і з прямими суцільними фундаментами. В надрах були несучі, середньоущільнені піски та гравій, а також стислі, дуже м'які органічні ґрунти. Споруда була нахилена в північному напрямку бл.  $1,15^\circ$ , а від  $0,17^\circ$  до  $0,45^\circ$  на захід. Доведено, що вертикальний нахил був викликаний видобутком осідання, що супроводжується нерівномірним осіданням слабого ґрунту, який активізувався в кінці 60-х рр. XX ст., коли до існуючої будівлі було надбудовано останній поверх. Щоб стабілізувати будівлю та захистити її від подальшого нахилу, запропоновано і виконано підкріплення (секція 0) фундаментів.

Іншим прикладом збитків від шахт у Сілезії є 11-поверховий житловий будинок у Катовіце, описаний К. Gromysz [50]. Побудований як 2-сегментний великопанельний об'єкт у системі „Фабуд Т”. Ця Будівля висотою 32 м досягла нахилу  $1,55^\circ$ .

Зведення старих історичних будівель є однією з найбільших проблем, пов'язаних з видобутком корисних копалин. Особливо складно це стосується сакральних об'єктів, які через відсутність внутрішніх стін характеризується низькою жорсткістю. Таким об'єктом є напр. монументальна дерев'яна церква Святого Миколая, знаходиться у Верхній Сілезії, в Міколуві – Боровій Весі. Церква збудована у 1737 р. і перенесена на сучасне розташування 1938 р. Безпосередньо під фундаментною плитою знаходяться несучі піщані ґрунти середньої щільності. Будівля розташована в гірничодобувній зоні з розломною зоною в масиві порід. Таким чином, видобуток вугілля викликав там не тільки пластичні деформації (горизонтальне розтягування), а й крихкі, які утворюють своєрідні лінійні ступені рельєфу; обидва спричинили нахил церкви: максимальна стіна нахил становив  $2,29^\circ$ . Будівля кілька разів ремонтувалася [51] - остаточна реставрація, відновлення вертикальне положення, проведено в 2011 р. методом нерівного підйому конструкції.

Іншим прикладом історичного об'єкта, який похилився внаслідок гірничих робіт, є церква Святого Петра Алькантари в Карвіні - одному з

головних центрів видобутку в Чехії. Збудована 1736 р. з цегли. Нині глибина закладення церкви на 37 м (!) глибша за початковий фундамент і вона нахилена на  $7^{\circ}$  на південь. Це призвело до того, що об'єкт назвали «чеською Пізою». Єдиним відомим втручанням, щоб зупинити будівлю від нахилу та руйнування, було повторне скороченнями церкви вежі для зменшення нестійкості нахилу [52].

Варто зазначити, що однією з найбільш нахилених будівель у світі є Glynne Arms, під назвою «Кривий будинок» у Стаффордширі у Великобританії. Він був побудований як фермерський будинок у 1765 році. У середині 19 століття зазнав сильного осідання при видобутку вугілля, що спричинило нахил на  $15^{\circ}$ . Просто як і Пізанська вежа, ця будівля стала туристичною визначною пам'яткою після того, як її підтримали контрфорси та прогони 1940 р. [53].

Не тільки видобуток вугілля є причиною антропогенного нахилу споруд. Наприклад, Вежа Святого Чада у Вібунбері (Велика Британія) протягом століть постійно нахилялася на північний схід напрямку від 5 до 10 мм на рік через діяльність соляних шахт. Вежа розташована на твердій глиняній основі потужністю від 1,5 м до 4,9 м, а під нею залягає дрібний пісок, валунна глина та соляні пласти [54].

Нахил може бути викликаний також впливом деяких підземних споруд у сильній частині урбанізованої території. Прикладом може бути будівництво підземного паркінгу на Палаці ім. Вестмінстер у 1970-х роках і будівництво Вестмінстерської станції лондонського метро в 1990-х рр., описаний J. V. Burland [33]. Вони викликали напр. невеликий нахил Біг Бен. Вежа досягла кут нахилу  $0,26^{\circ}$ .

Результатами розвитку нерівних осідань, виходячи з їх розмірів і конструктивних особливостей будівель і споруд, можуть бути [16]:

- руйнування несучих і огорожувальних конструкцій;
- відхилення від норми або повне відключення водопостачання та водовідведення [24];

- порушення теплоізоляції та гідроізоляції внаслідок значних деформацій конструкцій, що виражаються в утворенні тріщин, відколів;
- зрив або повна зупинка роботи ліфтів;
- втрата історичної ідентичності через зміну рівня будівлі (характерна для історико-архітектурних пам'яток);

Вітчизняні стандарти передбачають наступні показники, що характеризують геометричне положення будівель і споруд:

- відносна різниця в осіданні (висоті) основи двох фундаментів  $\Delta s / L$  ( $L$  - відстань між фундаментами);
- крен фундаменту (конструкції)  $I$ ;
- відносний прогин або вигин,  $f / L$  ( $L$  - довжина унікально вигнутого ділянки конструкції);
- горизонтальне зміщення.

Визначальним фактором при виборі того чи іншого підходу до регулювання осідання будівлі або споруди є наявність або відсутність прогресуючої нерівномірності осідання, що в свою чергу впливає на збільшення крену каркаса будівлі. Найчастіше випадки прогресуючого осідання мають місце при перевантаженні ґрунтів фундаменту, тому в такій ситуації для ефективної і безпечної роботи спочатку необхідно уповільнити або зупинити осідання фундаменту, а вже потім приступати до робіт по зменшенню нерівностей [6].

#### 1.5. Існуючі методи вирівнювання геометричного положення будівель в разі нерівномірного осідання

Можна виділити три основні групи методів виправлення, тобто вирівнювання геометричного положення будівель в разі нерівномірного осідання:

- примусове осідання вищих частин будівлі, напр. за допомогою видалення землі;
- підйом нижніх частин будівлі;

- одночасне опускання вищих частин об'єкта і піднімання нижніх.

У разі прогресуючої нерівності осідання фундаменту, як правило, спочатку ґрунтову основу закріплюють тим чи іншим способом для запобігання виникненню аварійної ситуації [7,9] і потім проводять подальші безпечні роботи по зменшенню нерівномірності осідання за певною технологією.

Примусове осідання вищих частин будівлі.

У цих методах змінюються властивості ґрунту, що лежить під будівлею. Зокрема, зміни стосуються стисливості ґрунту, напруженого стану, вмісту води тощо. Випрямлення досягається шляхом контрольованого зниження жорсткості ґрунту під фундаментом. Обсяг шарів ґрунту під фундаментом зменшується, зменшуючи нерівномірне осідання. Отже, об'єкт повертається до правильної орієнтації в просторі. Перевагою є те, що конструкція будівлі під час таких робіт не потребує значного втручання. Крім того, якщо модифікації застосовуються до більших об'ємів землі, спосіб навантаження будівлі, що передається на ґрунт, також не змінюється. Ці методи можна використовувати для виправлення будівель незалежно від кількості поверхів, типу фундаменту (плита, індивідуальні або суцільні фундаменти) і для більшості надр (природних, антропогенних) [55]. Як недоліки можна відмітити збільшення глибини закладення, яке може відбутися залежно від ситуації, через затоплення підвалів або необхідність відновлення інфраструктури навколо об'єкта; можливе пошкодження випрямленої будівлі при зрізанні шарів ґрунту; клопітка підготовча робота; необхідність забезпечення великих просторів доступу навколо об'єкта. Це часто займає багато часу та витрат праці. Окрім цього, модифікація властивостей ґрунту часто є важкою – при осіданні за об'єктом необхідно дуже ретельно стежити, щоб не отримати швидких деформацій ґрунту під об'єктом, що може призвести до втрати контролю над процесом виправлення.

Розробка ґрунту. Цей метод також відомий як «гравітаційне буріння» або «вилучення ґрунту».

Відповідна кількість ґрунту витягується, у суворо контрольований спосіб, за допомогою свердловин, з під піднятої частини будівлі. Залежно від потреб, отвори висвердлюються вертикально, горизонтально або під кутом. Бурова установка рухається по спеціально підготовлених напрямних обсадних колонах нижче підошви фундаменту з попередньо підготовленої виїмки в безпосередній близькості від об'єкта. Деформацію ґрунту можна додатково регулювати шляхом заливки води в отвори [54], [56]. Під вагою розглядуваного об'єкта, отвори робляться щільними, що в свою чергу призводить до контрольованої нерівномірності осідання об'єкта і, таким чином, до його обертання.

Цей метод використовувався для виправлення нерівномірного осідання багатьох будівель, включаючи згадані вище: вежа Святого Чада [54], елеватор Транскона [59] або Метрополітен Кафедральний собор Мехіко [36].



Рис. 1.4 – Елеватор Транскона (Photo Source: structville.com)

Ця процедура також спочатку була запропонована Terracina [ ] як одна з методи остаточної стабілізації Пізанської вежі в 1962 р. Міжнародний комітет для захисту Пізанської вежі переглянув цю ідею наприкінці 20 століття.

Після багатообіцяючих чисельних аналізів і польових випробувань операція почалася в лютому 1999 року з виконання попередньої серії з 12 виїмкових свердловин з ухилом близько 30 градусів, проникаючи не більше ніж на 1 м під основу вежі. Щоб не допустити несподіваних рухів під час бурових робіт встановлено дві підгоризонтальні сталеві стійки на висоті 14 м, з'єднані з вежею та двома анкерними сталевими каркасами, розташованими позаду будівлі.

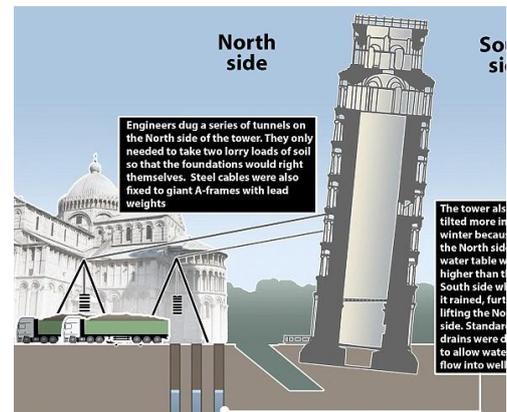
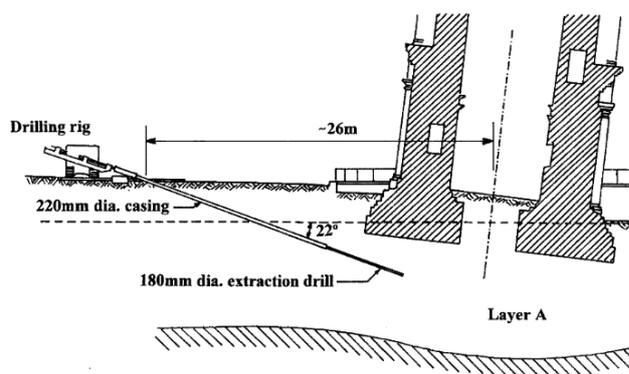


Рис. 1.5 - Стабілізації Пізанської вежі

Приблизно  $7 \text{ м}^3$  ґрунту було вилучено за допомогою безперервного шнека з порожнистим стовбуром розміщений у протилежно обертовому корпусі діаметром 180 мм. В результаті цієї процедури північний край осів на 12 мм, а південний піднявся на 1,5 мм. Беручи до уваги позитивний результат в початкове буріння, операція тривала з лютого 2000 року по лютий 2001 року. Пробурено 41 видобувну свердловину, видобуто  $38 \text{ м}^3$  ґрунту (69% з-під фундаменту та 31% з ґрунту з північної сторони вежі). Передбачувана мета зменшити нахил вежі на півградуса (до  $3,99^\circ$ ) була досягнута [34].

Технологія активно застосовувалася на практиці в Україні при рихтуванні димових труб у Кривому Розі, а також при роботі з виробничими цехами, які отримали нерівномірне осідання в Києві.

Додаткове навантаження на ґрунт.

Цей спосіб полягає в навантаженні ґрунту на верхню сторону конструкції.

Це вимагає тривалого часу і завжди є принаймні частково оборотним, оскільки після зняття навантаження ґрунт шари повторно стискаються. Завантаження ґрунту знову була одним із способів вирівнювання вежі Пізи - північна сторона фундаменту вежі була завантажена 600 тоннами свинцевих тягарів, на відстані 6,3 м від осі вежі. Завантаження баласту тривало 10 місяців і призвело до чіткого, хоч і незначного (1 хвилина кута на рік), але зменшення нахилу конструкції. Завантаження зменшило момент перекидання приблизно на 10% [28], однак це не було естетичним рішенням, тому не використано як постійне у цьому випадку.

#### Дренажна система / Електроосмос.

Зменшення вологості ґрунтів зменшує їх обсяги, тому може застосовуватися локально, щоб викликати осідання та опустити підняту частину похилої будівлі або зменшити об'єм спученого ґрунту. Такий контрольований дренаж був запропонований наприклад як один із методів стабілізації експансивного антропогенного заповнення в Домброва-Гурнича.

Для прискорення консолідації мулистих або глинистих ґрунтів, які характеризуються дуже малою водопроникністю, можна використовувати електроосмос. Він заснований на електрокінетичному явищі, яке полягає через електричне поле, прикладене до певної частини землі, що викликає рух води в середині землі. Використання електроосмосу для осушення земель практикується в геотехнічній інженерії протягом тривалого часу [60], а обчислювальні процедури добре відомі в плануванні та проектуванні електроосмотичних установок.

Електроосмос був із методів, запропонованим назавжди стабілізувати Пізанську вежу. Ідея полягала в тому, щоб зменшити об'єм верхнього шару глини під фундаментами з північної сторони.

Однак через незадовільні результати польових випробувань це техніка не була використана [61]. З іншого боку, нова дренажна система була успішно використана для зменшення коливання рівня ґрунтових вод навколо Пізанської вежі, що також було однією з причин її нахилу [28].

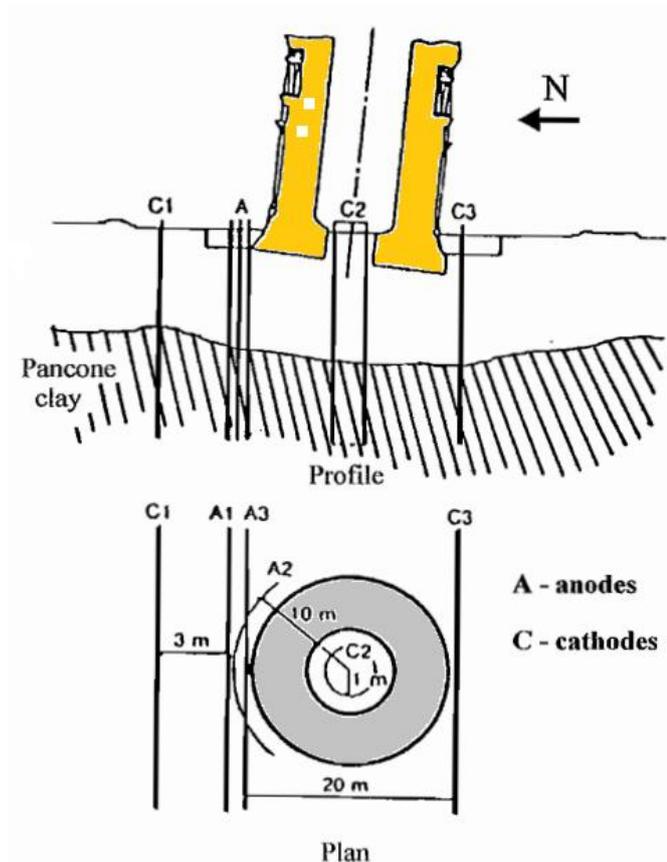


Рис. 1.6 - Електроосмос для Пізанської вежі

Метод електроосмосу використовують для розширення зони, де застосовуються голкофільтрові установки, у ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації менше 0,05 м/добу. При цьому методі разом з голкофільтрами в ґрунт занурюють металеві труби або дроти. Відстань між голкофільтром та трубою має бути не менше 0,5-1 м. Голкофільтр підключається до негативного контакту (катод), а труби або стрижні – до позитивного контакту постійного джерела струму (анод). Електроди розміщуються в шаховому порядку - один навпроти одного. При цьому важливо витримувати однакову відстань (крок) між анодами (трубами) та катодами (голкофільтрами) в одному ряду. Для ефективної роботи системи крок має бути 0,75-1,5 м. Катоди та аноди необхідно розташувати на одній глибині, на 3 м нижче за потрібний рівень водозниження. Джерелом постійного струму можуть бути пересувні перетворювачі або зварювальні апарати. Потужність генератора розраховують наступним чином: на 1 м<sup>2</sup> площі електроосмотичної завіси потрібна напруга

30-60 В, а сила струму 0,5-1 А. Під впливом постійного струму ґрунту, що міститься, вода переміщається від анода до катода, тобто від труби до голкофільтру. Внаслідок цього коефіцієнт фільтрації ґрунту зростає в 5-25 разів.

Підйом нижньої частини будівлі.

У цій групі методів виправлення геометричного положення будівель можна виділити два: гідравлічні підйомники та підкріплення.

Гідравлічні підйомники.

Випрямлення будівель виконується нерівномірним підйомом за допомогою гідравлічних домкратних систем. Об'єкт, призначений для відновлення, вимагає ряду підготовчих процедур, серед яких:

- довбання ніш під підйомники;
- підготовка необхідного армування конструкції;
- монтаж домкратів в несучих стінах нижнього поверху будівлі;
- тимчасове відрізання мереж центральних систем опалення, газопостачання, водопостачання та каналізації.

Сам процес виправлення відбувається за три фази. На першому етапі будівля розривається послідовним переміщенням окремих домкратів.



Рис. 1.7 – Використання домкратних систем

Це призводить до нерівномірного проміжку від гнізда до гнізда. Друга фаза – паралельне підняття будівлі на 2-3 см. Це необхідно для того, щоб на наступному кроці краї випрямленої верхньої частини будівлі і частини, що

залишилися в землі, не наздогнали одна одну. Третій, основний етап відновлення – вирівнювання горизонтальної поверхні будівлі через нерівномірний підйом її верхньої частини. Після завершення процесу виправлення виконується етап ремонту, тобто замурування щілин і пустот, залишених домкратами, штукатурка стін, виконання бетонних перекриттів у підвалах до потрібного рівня.

Зараз існує розроблені три способи виправлення будівель через нерівномірний підйом. Вони відрізняються типами використовуваних підйомників і способом їх керування: - підйомники з силовим керуванням, - підйомники з контрольованим переміщенням і мембранні підйомники. Конкретні системи, через вантажопідйомність підйомних домкратів, призначаються індивідуально для даного типу відновлювального об'єкта [62].

Серед багатьох переваг цього рішення (включаючи короткий час, відсутність дискомфорту для користувачів які можуть залишатися на об'єкті), його безсумнівним недоліком є зміна статичної роботи фундаменту схемою від рівномірно розподіленого навантаження, яке виникає, коли будівля спирається на фундамент, до точкового зосередженого навантаження від домкратів [36]. Тому перевіряти потрібно завжди несучої здатності будівлі, фундаментів і ґрунту для таких змінених умов.

Незважаючи на те, що сам метод був реалізований порівняно недавно (наприклад, у Польщі в 1994 р.), його принцип використовувався вже в 1914 р. під час вирівнювання бункеру в Транскона. Домкратні гвинти були розміщені в західній (нижній) частині конструкції під раніше звільнені стовпи. Метою цієї операції було підняти будівлю трохи вище ґрунтових вод (все ще на 4,3 м нижче початкової глибини закладення) і повернути її до вихідного вертикального положення, що виявилось вдалим [29].

Метод гідравлічних підйомників використовувався наприклад при благоустрою 11-ти поверхового житлового будинку в Катовіце. У цій операції було задіяно півсотні мембрано-підйомників – вони склалися з маслонаповнених мембран з початковою висотою 60 мм і діаметром 520 мм.

Після заповнивши маслом, вони змогли збільшитися у висоту на 60 мм. Були встановлені підйомники-мембрани в отвори, вирізані в першому поверсі в місцях опори стінових плит на ребра фундаменту. Невелика товщина стін (200 мм) вимагала їх локального розширення для забезпечення повної опори підйомників проти вищої частини будівлі. Раніше підйомники закачувалися в проект. Після цього стіни були зміцнені за допомогою сталевих секцій, прикріплених до обох сторін стіни.

Ремонт об'єкта пройшов успішно, запобіг будівельній катастрофі та повністю відновив роботу і функціональність будівлі [50].

Нерівний підйом був застосований також для вирівнювання церкви Святого Миколая в Міколові. У 1996 році над цегляно-кам'яними фундаментами та старим виконано бетонну діафрагмову плиту, замінено дерев'яні фундаментні балки на нові; у 2006 р. будівлю відремонтовано та щілину між плитою і стінами заповнювали бетонною балкою. У 2010 році після чергових гірничих робіт, церква потребувала ще одного ремонту. На цей раз гідравлічні домкрати були встановлені в отвори, зароблені в бетонні балки і спиралися на плиту діафрагми, щоб не заважати дерев'яній конструкції елементів. Згодом будівлю привели у вихідне вертикальне положення, піднявши приблизно на 20 см і готові до можливого повторення процедури в майбутньому.

#### Закріплення ґрунтів основи.

На практиці використовуються різні способи закріплення ґрунтів фундаменту, але остаточний вибір технології буде залежати від таких факторів, як інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, конструктивні особливості будівлі, технологія, за якою будуть проводитися роботи по зменшенню нерівностей осідання.

Вітчизняними і зарубіжними вченими розроблено безліч методів закріплення ґрунтів фундаменту, але не всі вони придатні для стабілізації осідання з подальшим вирівнюванням геометричного положення будівлі

шляхом опускання однієї з частин [1]. Одним з перших, хто почав вивчати технології ін'єкцій, був французький інженер С. Беріньї на початку 19 століття. Спочатку сфера застосування технології полягала в заповненні тріщин і порожнин в ґрунтах з метою зниження їх водопроникності [2]. Але широке поширення як технологія підвищення міцності ґрунтів вона отримала тільки на початку 20 століття з винаходом більш досконалих гідравлічних насосів, здатних забезпечувати більш високий тиск.

Проблемам удосконалення будівельних властивостей ґрунтів фундаментів у різний час присвячені наукові праці багатьох вчених та інженерів, в яких вивчені ін'єкційні способи кріплення фундаменту, які найбільш підходять при необхідності закріплення основи під існуючою будівлею або спорудою з подальшим приведенням її в нормативну позицію.

Всі вони, звичайно ж, мають свої переваги і недоліки.

Силікатизація.

Силікатизація – це хімічне закріплення ґрунтів з  $K_{\phi} = 2 \dots 80$  м/добу при нагнітанні основи розчину крем'яної кислоти (рідкого скла)  $Na_2 O \cdot nSiO_2$ . При розкладанні в ґрунті крем'яна кислота переходить у стан гелю та зв'язує окремі мінеральні частинки. Для прискорення цього хімічного процесу ґрунт вводять каталізатор – хлористий кальцій ( $Ca Cl_2$ ). Такий спосіб закріплення ґрунтів отримав назву дворозчинного.

Завдяки низькій щільності не більше  $1,2 \text{ г/см}^3$  розчин має хорошу рухливість і проникаючу здатність, тим самим проникаючи в пори ґрунту, обволікає і цементує його частинки. До основних «переваг» технології можна віднести високу кінцеву міцність закріплених ґрунтів, а також значне зниження водопроникності.

Основним недоліком використання силікатної системи є фактор несприятливого впливу на екологію хімічних сполук, що вводяться в ґрунт [8].

Мікроцементация.

Суть методу полягає у впорскуванні цементного розчину в основу під тиском до 0,8 МПа. Технологія є аналогом методу цементації гірських порід і напівпорід з розширеною сферою застосування. Сфера застосування цього методу обмежена пилоподібно-глинистими ґрунтами з коефіцієнтом фільтрації до 100 см/добу [9,12].

Закріплення ґрунтів основи з використанням струминної (напірної) технології.

Основна ідея технології полягає в подачі рішення через монітор, що обертається на 360 градусів. Суміш подається через сопла монітора під високим тиском до 60 МПа. Розчин руйнує ґрунт за рахунок подачі під високим тиском, а поступове підняття монітора вгору по осі свердловини створює в ґрунті циліндричну колону з суміші цементного розчину з ґрунтом.

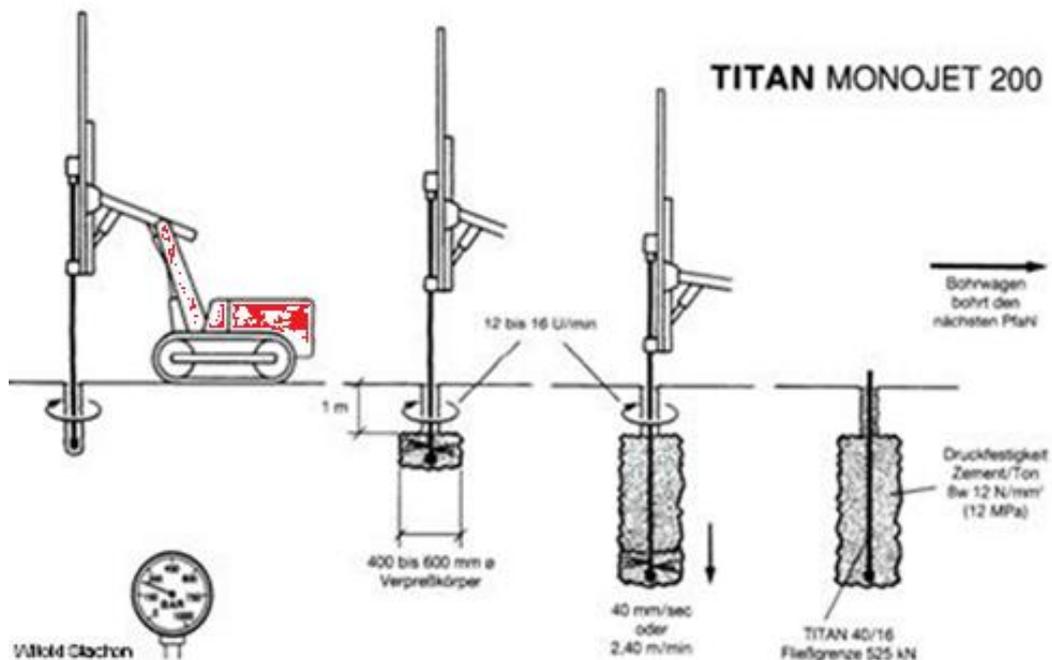


Рис. 1.8 – Струминна технологія

Одним з головних переваг технології є висока міцність одержуваного масиву в ґрунті. До недоліків можна віднести технологічну складність виробничих процесів, неможливість роботи в умовах обмеженого простору (цокольні поверхи, підвали) і значні технологічні осідання, що неприпустимо в умовах посилення похилої будівлі, додаткові осідання, що виникають при роботі з даною технологією, можуть привести до аварійної ситуації [9].

Технологія ін'єкції манжети.

Суть технології полягає в закачуванні цементного розчину в ґрунт основи через перфоровану трубу інжектора, з метою запобігання потрапляння розчину назад в інжектор, на перфорацію надівається зворотний клапан, що представляє собою гумову манжету [12]. Кільцевий простір заповнюється цементним розчином або глиняною пастою. Якщо ін'єкція проводиться в кілька рівнів інжектора, то необхідний пристрій, що перекриває кільцевий простір, зазвичай це пакер, через який розчин подається на інжектор.

До переваг методики можна віднести наступні фактори:

- можливість роботи в умовах обмеженого простору;
- мінімальні технологічні осідання, що важливо при роботі на об'єктах з прогресуючими нерівномірними осіданнями;
- при використанні пристрою Пакера можливе впрорскування на різних рівнях інжектора, що дозволяє забезпечити більш рівномірне закріплення основи.

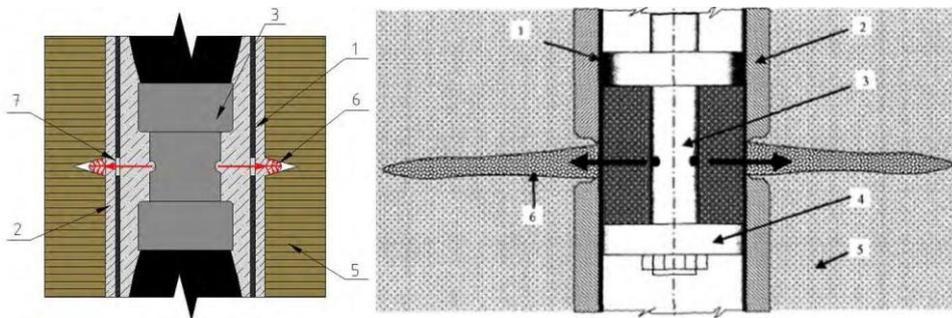


Рис. 1.9 – Сутність технології ін'єкції. 1 – перфорована інжекторна труба; 2 – клапан; 3 – пакер; 4 – цементні кільця; 5 – ґрунт; 6 – лінзи гідравлічного розриву пласта, 7 – перфорація інжектора

Закріплення ґрунтів основи фундаментів є типовим геотехнічним методом, який використовується для перенесення навантаження існуючої будівлі від слабкого і стисливого ґрунту до деяких більш глибоких і міцних шарів.

Його головна мета – стабілізувати структуру, але цю технологію можна використовувати і для зменшення нахилу конструкції, спираючись на нижню частину предмета. Для цього можуть використовуватися різні технології призначення, напр. струменеве цементування, насувні або буронабивні мікропалі [15].

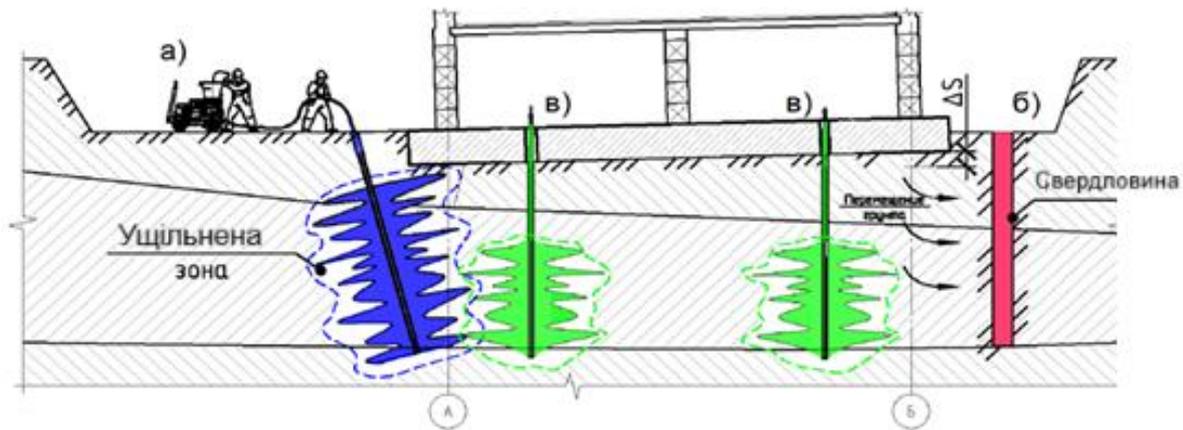


Рис. 1.10 – Етапи виконання робіт а) перший етап: фіксація основи з боку максимального осідання (напрямок крену) [15] б) другий етап: буріння ґрунту з боку, протилежного нахилу в) третій етап: закріплення основи по периметру

Робочий будинок зернового елеватора Transcona був напр. виправлено з використанням підкладки: стійки діаметром 1,5 м були вставлені під кожен з 24 колон будівлі і спиралися на скелю внизу [22]. Також було застосовано підкріплення для стабілізації будівлі Меморіалу Альберта в Белфасті. Його також використовували для зменшення нахилу Біг-Бена в Лондоні, викликаної тунелепрохідними роботами, що проводилися в його безпосередній близькості [29]. Там техніка компенсаційного закріплення була прийнята така, що передбачала впорскування під високим тиском на землю у вибраних місцях суміші цементу, піску і води з високою в'язучою здатністю. В першу чергу, шістнадцять сталевих ін'єкційних труб довжиною 50 м були встановлені радіально назовні від вертикальної шахти в шар Лондонської глини під фундаменти будівлі. Максимальна відстань між трубами становила 2,5 м. Загалом 24 епізоди підкріплення було взято та  $122 \text{ м}^3$  розчину, введеного в

період з лютого 1996 по вересень 1997. Це операція запобігла прогнозованому пошкодженню вежі Біг-Бен і стабілізувала її осідання.

#### 1.6 Аналіз існуючих методів розрахунку при проектуванні заходів щодо зменшення нерівномірності осідання плитних фундаментів бурінням

Дослідникам і будівельникам доводилося стикатися з питаннями захисту будівель, споруд і будь-яких інших будівельних об'єктів від впливу нерівномірних деформацій основи на ранньому етапі розвитку будівельної науки. Метод вирівнювання будівельних об'єктів шляхом буріння ґрунту був запропонований П.А. Орловським в кінці 20-х років ХХ століття. До теперішнього часу накопичений певний досвід вітчизняних і зарубіжних вчених в області ліквідації кренів різних типів будівель.

Технології вибурювання ґрунту для випрямлення нахилів будівель і споруд знайшли своє застосування в усьому світі [24]. Часто його використання проводилося без прорахованого обґрунтування, ґрунтуючись лише на досвіді використання технології і експериментальних даних. Основним завданням існуючих теоретичних рішень було призначення параметрів буріння для підвищення ефективності технології.

Методика розрахунку параметрів буріння свердловини буде залежати від її орієнтації в просторі. Таким чином, можна виділити основні розрахункові випадки:

- горизонтальні свердловини (ґрунт буриться безпосередньо з-під нижньої частини фундаменту);
- вертикальні і похилі свердловини (буріння проводиться біля фундаменту або через фундаментну плиту).

#### *Горизонтальне буріння*

Розрахунки технологічних параметрів горизонтального буріння свого часу проводили такі вчені, як Діба В.П., Зотов М.В., Скібін М.Г., Чаплигін В.І., Гречко О.В. У своїх роботах авторами запропонована методика

розрахунку для визначення основних технологічних параметрів буріння горизонтальних циліндричних порожнин, а саме глибини порожнин від дна фундаменту і відстані між порожнинами. Розчин дозволяє призначити саме ту конфігурацію, коли навколо свердловини (порожнини) з'являються максимальні зони пластичних деформацій і руйнування стінок порожнини, тим самим досягаючи потрібного ефекту. Теорія визначення технологічних параметрів буріння заснована на законі міцності для ґрунтів, навантажених рівномірно розподіленим навантаженням.

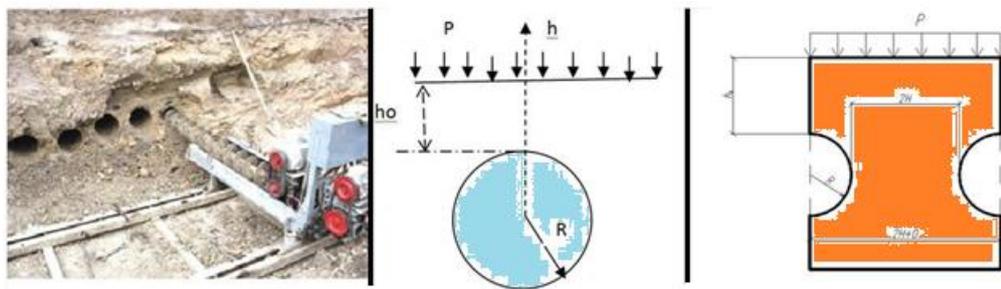


Рис. 1.11 – Буріння горизонтальних свердловин і їх конструктивні схеми [ ]

Були отримані і описані в роботах авторів наступні залежності:

$$h_0 = R \left[ 1 + \frac{P(A-1)}{c} \right]^{\frac{1}{A-1}} - R. \quad (1.1)$$

$$H = \frac{D}{\frac{4 \cdot k \cdot c \cdot \cot\left(\frac{\pi - \varphi}{4}\right) - 2}{P}} \quad (1.2)$$

#### *Вертикальне і похиле буріння*

Буріння похилих свердловин у фундамент під фундаментом, з метою зменшення нерівностей осідання, застосовувалося на багатьох ділянках як нового будівництва, так і історико-архітектурних пам'яток, однією з найвідоміших такого роду є похила вежа в місті Піза, Італія [4, 5]. Однак, незважаючи на свою популярність, метод не отримав достатньої теоретичної бази для визначення параметрів буріння з прогнозованим осіданням ґрунту навколо свердловин. В ряді міст Італії [ ] застосовувалося похиле буріння,

параметри якого визначалися за експериментальними даними або перевірялися в числових моделях. У роботах таких вчених, як Pronozin, Y.A., Chen, Y., Zhang X., Viggiani C., Wang X.L. [18, 7, 25 ] наведені основні принципи проектування заходів щодо зменшення нерівномірності осідання шляхом буріння вертикальних свердловин. Автори приходять до висновку, що виникнення зон пластичних деформацій призводить до обвалення стінок свердловини і тим самим досягається необхідний ефект для створення додаткових деформацій основи на стороні, протилежній крену. А найбільш раціонально призначати інтервали між свердловинами, виходячи з принципу суперпозиції зон пластичних деформацій навколо свердловини (рис. 1.8.).

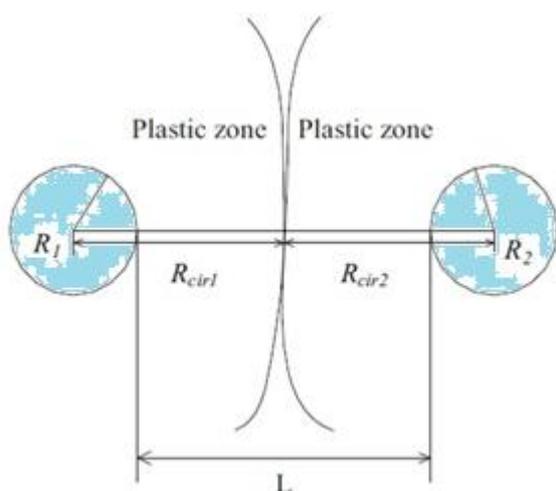


Рис. 1.12 – Максимальна відстань між двома сусідніми свердловинами

Формула для визначення кроку свердловин виглядає наступним чином:

$$L = R_{cir1} + R_{cir1} - R_1 - R_2 \quad (1,3)$$

Зони пластичних деформацій визначалися на підставі виконання закону міцності, який у свою чергу залежить від радіальних та тангенційних напружень, що виникають при бурінні свердловин.

Рішення для визначення тангенціальних і радіальних напружень навколо свердловини при пресіометричних випробуваннях ґрунтів були запропоновані вітчизняними вченими, такими як З.Г. Тер-Мартirosян, Г.Г. Болдирев, Богомоллов А.Н.

Опираючись на знання деформованого стану ґрунту навколо свердловини, можна знайти зони пластичних деформацій за допомогою закону міцності Мора-Кулона. Питання визначення параметрів буріння в сильно стисливих ґрунтах з вертикальними і низьконахиленими свердловинами залишається досить слабо вивченим.

Це, певною мірою, пов'язано з недостатньою експериментальною базою в області нівелювання будівель і споруд, крім того, часто технології, при яких частина будівлі опускається для усунення нахилу, не враховують складні інженерно-геологічні умови, при яких осідання не стабілізуються і нахил будівлі з часом збільшується. Крім того, певні обмеження вносять наявність високого рівня ґрунтових вод, що значно ускладнює, наприклад, в технологічному плані виконання горизонтальних свердловин. Таким чином, з огляду на специфіку слабких водонасичених фундаментів, перспективним слід вважати запропонований спосіб комбінованого закріплення ґрунту з боку осідання і спуску частини будівлі з протилежного боку, шляхом буріння вертикальних свердловин, з подальшим закріпленням. У той же час для його успішного застосування необхідне проведення комплексних досліджень, спрямованих на поліпшення прогнозування поведінки фундаменту при бурінні ґрунтів з вертикальними або низькопохилими свердловинами.

### Висновки

1. Збільшення темпів будівництва і освоєння територій зі складними інженерно-геологічними умовами тягне за собою збільшення проблем, пов'язаних з виникненням нерівномірних осідань при будівництві та експлуатації об'єктів в умовах залягання нерівномірно деформованих ґрунтів.
2. У зарубіжній і вітчизняній практиці для корекції геометричного положення фундаментів використовуються два основних підходи: шляхом підняття або опускання частини будівлі.
3. Застосування домкратних систем показало свою ефективність на ряді об'єктів, при цьому основними недоліками даної технології є можливість виконання робіт тільки в умовах стабілізованого стану основи і висока вартість.
4. Регулювання геометричного положення будівлі, виконане методом буріння горизонтальних свердловин в основі фундаменту, продемонструвало свою ефективність в практиці корекції кренів, але має свої

недоліки, пов'язані з практичною складністю застосування при високому рівні ґрунтових вод, великим обсягом земляних і підготовчих робіт, неможливістю виконання робіт в умовах обмеженого простору міської забудови.

5. У разі нерівномірного осідання неглибоких фундаментів, в основі яких знаходяться слабкі піло-глинисті ґрунти, перспективним методом зменшення нерівностей є буріння вертикальних свердловин в активній зоні ґрунтової основи.

6. При використанні запропонованого методу в проектних рішеннях для нівелювання геометричного положення скелета будівель і споруд, коли абсолютне і нерівномірне осідання з часом збільшується, необхідно на основі експериментальних і теоретичних досліджень напружено-деформованого стану ґрунтової маси навколо свердловин визначити основні параметри свердловин для подальшого визначення конструктивних рішень в практиці корекції крену.

## 2. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МОДЕЛЕЙ ФУНДАМЕНТУ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ ПРИ ВИРІВНЮВАННІ МЕТОДОМ ВИБУРЮВАННЯ

Метою цього розділу є:

- Оцінка ефективності методу вибурювання вертикальних та малопохилих до вертикалі свердловин в сипучих ґрунтах для зниження нерівномірності осідання плоского штампу.
- Виявлення закономірностей впливу геометричних характеристик свердловини при вибурюванні ґрунту на процес зниження нерівномірності осідання плоского штампу.

### 2.1. Постановка завдання експериментальних досліджень

Об'єктом дослідження була ґрунтова основа, представлена сипучим ґрунтом, що послаблюється вибурюванням вертикальних і малопохилих до вертикалі (до 30°) різної довжини свердловин для досягнення ефекту зниження нерівномірності осадки плоского штампу.

Завдання дослідження:

- Змодельовати нерівномірність осідання фундаменту мілкового закладання на слабкій однорідній піщаній основі;
- Провести дослідження впливу вибурювання вертикальних та малопохилих до вертикалі свердловин на процес зниження нерівномірності осідання моделі фундаменту;
- Виявлення характеру поширення ізоліній переміщення в ґрунтовій основі моделі досліджуваного фундаменту в процесі зниження нерівномірності осідання.

### 2.2. Лабораторна установка та обладнання

У лабораторних умовах була проведена серія досліджень на моделі плитного фундаменту з метою вивчення застосування на практиці методу

зниження кренів будівель та споруд способом вибурювання вертикальних та малопохилих до вертикалі свердловин.

Для проведення першої серії досліджень використовувався випробувальний ґрунтовий лоток, виконаний із металу, зі скляними стінками для фіксації переміщень моделей фундаментів та ґрунту основи (рис. 2.1). Установка є універсальною та підходить для досліджень фундаментів різного типу, свого часу була розроблена на кафедрі БМГА Вінницького національного технічного університету.

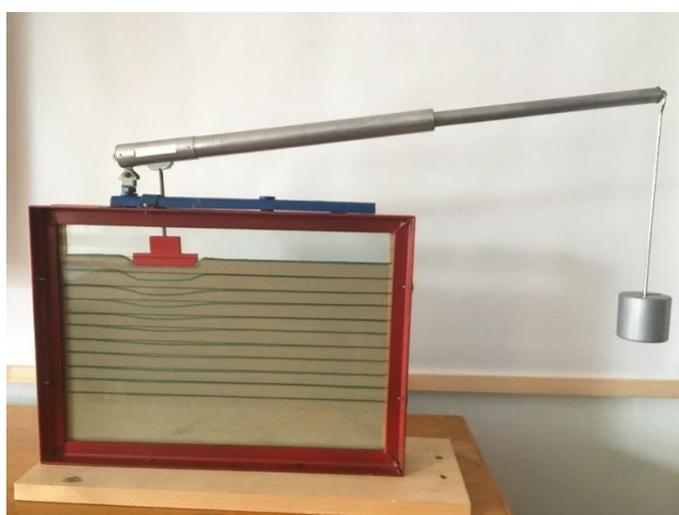


Рис. 2.1 – Випробувальний ґрунтовий лоток

В ґрунтовий лоток вкладався ґрунт - пісок мілкий, причому, використовували пісок в повітряно-сухому стані з вкладанням горизонтальними шарами, які відображали пофарбованим піском (рис. 2.2).



Рис. 2.2 – Процес підготовки ґрунтового лотка

Модель фундаменту мілкого закладання, що зазнає нерівномірного осідання, виконана в масштабі з коефіцієнтом  $K=100$ , розмірами зіставними з розмірами випробувального ґрунтового лотка. Навантаження на модель фундаменту задавалася за допомогою важеля (рис. 2.1). Встановлювалася незалежна від лотка реперна система для використання вимірювального обладнання і поводитися фотофіксація дослідження.

Модель фундаменту мілкого закладання, що зазнає нерівномірного осідання, була в масштабі з коефіцієнтом  $K=100$ , розміри були зіставні з розмірами випробувальної установки. Модель фундаменту виконана з клеєної фанери товщиною  $t=10\text{мм}$  з розмірами в плані  $10\times 50\text{мм}$ , навантаження на фундамент передавалося через шток для рівномірного розподілу навантаження (рис. 2.1).

Після навантаження фундаменту (рис. 2.3а) виконували вертикальну свердловину з боку моделі фундаменту з найменшим осіданням (рис. 2.3б). Ефективність оцінювалася за результатами моніторингу осідання та візуального спостереження за заповненням свердловин ґрунтом. Фіксувалася зона зсувів ґрунту в основі фундаменту (рис. 2.3в).

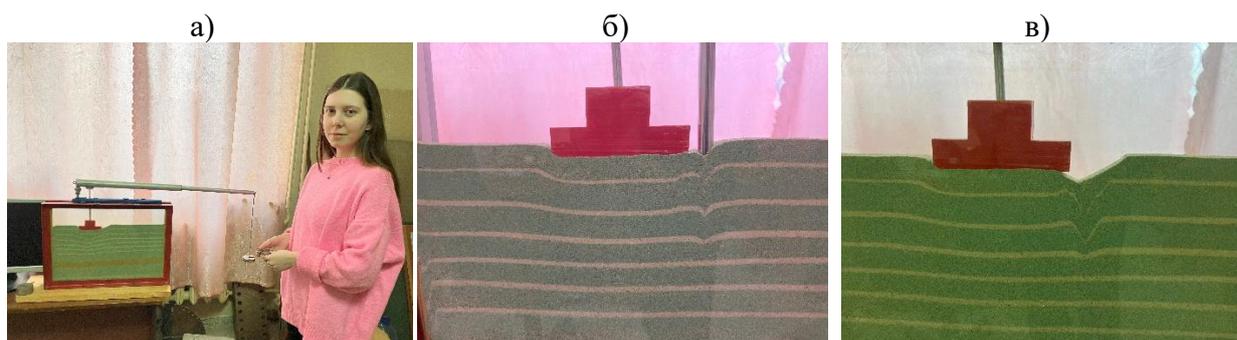


Рис. 2.3 – Влаштування вертикальної свердловини

### 2.3. Методика проведення досліджень у лабораторних умовах

При дослідженні впливу вибурювання свердловин на процес зниження нерівномірного осідання застосований спосіб фотограмметричного спостереження за частинками ґрунтів в основі, заснований на поетапній фотофіксації поля точок на основі моделі фундаменту, які дають можливість

якісно оцінити рух ґрунтової основи при передачі навантаження на модель і фундамент.

Ефективність застосування способу фотограмметрії при лабораторних дослідженнях взаємодії моделей плитних і пальових фундаментів різної форми та конфігурації з однорідною ґрунтовою основою була неодноразово доведена різними вченими.

Після виконання робіт із заповнення ґрунтового лотка піском насипаним пошарово, з виділенням кольорами шарів, до моделі фундаменту ступінчасто прикладалося статичне навантаження. Одна ступінь дорівнює 0,2кН, всього загальне навантаження склало  $N=0,8\text{кН}$ . Навантаження моделі припинялося після досягнення різниці осідання, що дорівнює  $\Delta s=5\text{мм}$ . Критерієм умовної стабілізації осідання прийнято вважати додаткові деформації рівні 0,1 мм протягом останніх чотирьох годин випробувань. Випробування проводились відповідно до ДСТУ Б В.2.1-9:2016 [64].

Після досягнення необхідних умов різниці осідання ( $\Delta s=5\text{мм}$ ) починався процес вибурювання свердловин з боку фундаменту з меншим осіданням. Вибурювання виконувалося зануренням порожнистої труби з зовнішнім діаметром  $d=10\text{мм}$ . Після вибурювання і виймання частини ґрунту з основи під фундаментом, проводили спостереження за осіданням, не змінюючи навантаження на фундамент (рис. 2.4).

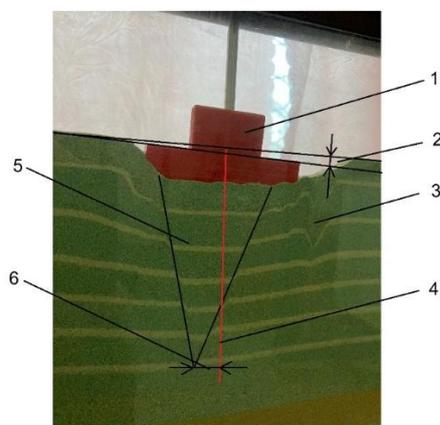


Рис. 2.4 – Результат виправлення

Ефективність оцінювалася за результатами моніторингу осідання та візуального спостереження за заповненням свердловини ґрунтом.

На рис. 2.4 –

1 – модель фундаменту;

2 – нахил фундаменту;

3 – заповнення свердловини ґрунтом;

4 – вертикальна вісь навантаження;

5 – зона ущільнення ґрунту;

6 – відхилення зони ущільнення від вертикальної осі.

Друга серія досліджень проводилася на моделі фундаменту мілкого закладання в формі металевго штампу з плоскою підшвою, який встановлювали в лоток, заповнений піском середньої крупності з заданою щільністю та вологістю. Після виконання робіт із заповнення лотка ґрунтом та встановлення моделі фундаменту, з використанням силового домкрату ступінчасто прикладалося статичне навантаження. Для фіксації величини навантаження використовували зразковий динамометр тиску. Одна ступінь дорівнювала 0,5кН, всього загальне навантаження склало  $N=10\text{кН}$ . Осідання під навантаженням фіксували з допомогою чотирьох прогиномірів, встановлених на реперній системі (рис. 2.5).

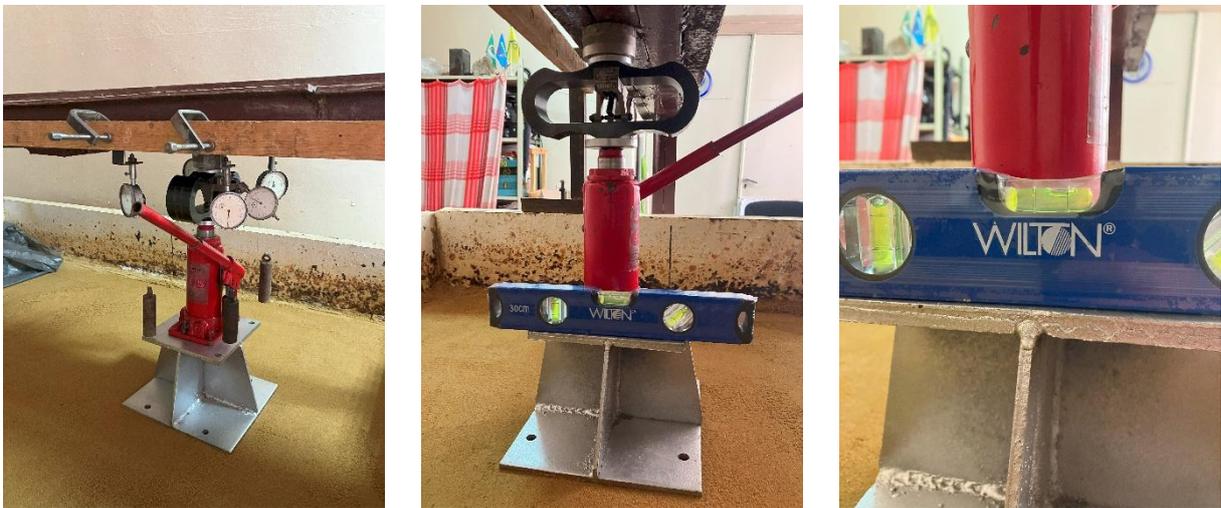


Рис. 2.5 – Підготовка моделі фундаменту до випробування

Навантаження моделі припинялося після досягнення різниці осідання, що дорівнювала  $\Delta s=8$  мм. Критерієм умовної стабілізації осідання прийнято вважати додаткові деформації рівні 0,1 мм протягом останніх чотирьох годин випробувань.

Потім приступали до буріння вертикальних свердловин з боку моделі фундаменту з найменшими осіданнями (рис. 2.6). Глибина буріння першого циклу  $0,5b$ , потім із кроком  $0,5b$ , глибина досягла  $2b$ , де  $b$  – ширина моделі фундаменту. Після кожного циклу вибурювання витримувалося не менше доби, потім за відсутності результату після 2-3 разів буріння до однієї і тієї ж глибини довжина свердловини збільшувалася на  $0,5b$ . Ефективність

оцінювалася за результатами моніторингу осадок та візуального спостереження за заповненням свердловин ґрунтом.



Рис. 2.6 – Процес випробування моделі фундаменту

Третю серію досліджень провели з моделлю каркасної будівлі на фундаментах мілкового закладання. Будівля виконана з металевим каркасом, в якості колон використали сталеві стержні  $d = 5\text{ мм}$ , перекриття із оргскла товщиною 3 мм, фундаменти мілкового закладання із дерева, з розмірами підосви  $35 \times 35\text{ мм}$  (рис. 2.7).



Рис. 2.7 – Модель каркасної будівлі

Вага макета каркасної будівлі 415 г. Макет встановлювали на підготовлену ґрунтову основу, виконану з нахилом, для моделювання

нерівномірної деформації і навантажували тарованими вантажами, з метою моделювання експлуатованої конструкції (рис. 2.7).

Для вирівнювання геометричного положення будівлі каркасної конструкції запланували влаштування горизонтальних свердловин під фундаментами з боку менших осідань. Для цього був влаштований котлован з можливістю розташування горизонтальних свердловин нижче підосви фундаментів зі сторони меншого осідання. Виконані горизонтальні свердловини під фундаментами однієї осі (рис. 2.8).



Рис. 2.8 – Влаштування горизонтальних свердловин для вирівнювання

Спостереження за вирівнюванням геометричного положення нахиленої моделі каркасної будівлі протягом 4 діб показали можливість використання такого методу, але з уточненням кроку, діаметра, відстані між свердловинами та їх кількості в залежності від міцнісних та деформаційних характеристик ґрунту.

Недоліком такого методу є необхідність влаштування котловану, для розміщенні обладнання по виготовленню горизонтальних свердловин, що особливо відчутно при вирівнюванні будівель з підвалами чи глибоко зануреними фундаментами.

#### 2.4. Аналіз результатів

У першій серії експериментів моделювалося нерівномірне осідання фундаменту мілкового закладанні (рис. 2.3). При настанні різниці осідання більше 8мм витримувалася умовна стабілізація осадки відповідно до ДСТУ Б В.2.1-9:2016 [64], тільки потім приступали до буріння вертикальних свердловин з боку моделі фундаменту з найменшими осіданням. Глибина буріння першого циклу  $0,5b$ , потім із кроком  $0,5b$ , глибина досягла  $2b$ , де  $b$  – ширина моделі фундаменту. Ефективність оцінювалася за результатами моніторингу осідання та візуального спостереження за заповненням свердловин ґрунтом. Після кожного циклу вибурювання витримувалося не менше доби, потім за відсутності результату після 2-3 разів буріння до однієї і тієї ж глибини довжина свердловини збільшувалася на  $0,5b$ .

Методом фотограмметрії визначалася зона зсувів ґрунту в основі фундаменту. Для формування зони зсувів визначалися переміщення частинок ґрунту на рисунку 2.4. Застосування методики дозволило визначити зони міграції ґрунту на основі моделі фундаменту. Буріння свердловин велося діаметром –  $d=10\text{мм}$ .

На другому етапі досліджень з використанням моделі фундаменту у виді штампю з плоскою подошвою, розглядався вплив вибурювання вертикальних свердловин на процес зниження нерівномірності осідання. Спочатку буріння велося на глибину  $0,5b$ , після двох циклів по 5 свердловин у кожному, глибина була збільшена до  $1b$ , через відсутність прогресу зниження нерівномірності осідання, за результатами моніторингу за осіданням.

Після кожного циклу вибурювання витримувалося не менше доби, потім за відсутності результату після 2-3 разів буріння до однієї і тієї ж глибини довжина свердловини збільшувалася на  $0,5b$ .

На підставі моніторингу за процесом розвитку нерівномірності осідання у часі було побудовано графік (рис. 3). Максимальна різниця осадок між крайніми точками моделі (А-Б, на рис. 2.9) при досягненні критерію умовної стабілізації склала 8 мм.

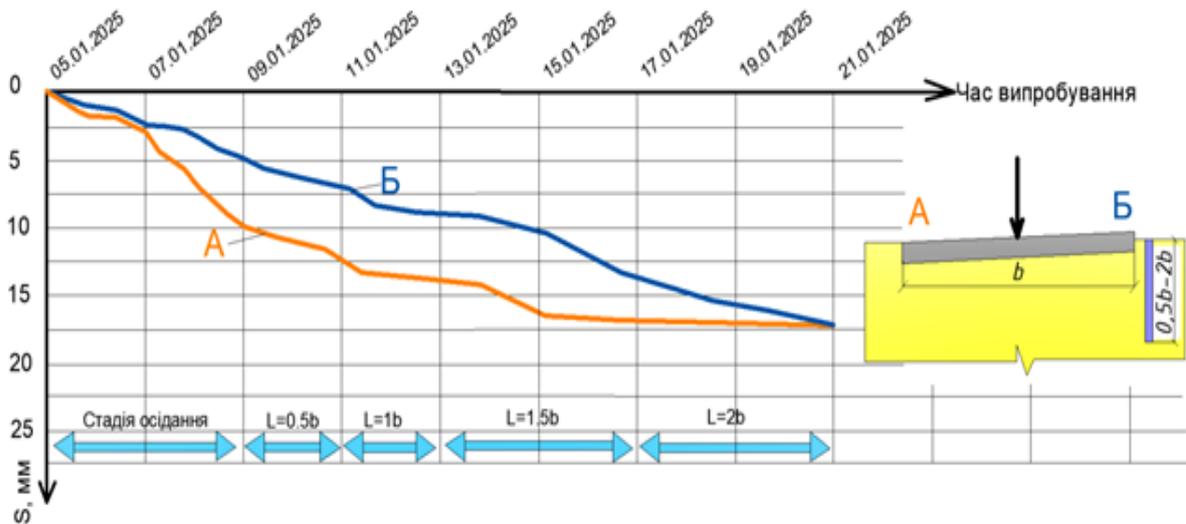


Рис. 2.9 – Хронологія розвитку осідання моделі фундаменту при вертикальному бурінні (\* $b$  – ширина фундаменту)

Спочатку буріння велося на глибину  $0,5b$ , після двох циклів по 5 свердловин у кожному, глибина була збільшена до  $1b$ , через відсутність прогресу зниження нерівномірності осідання, за результатами моніторингу за осіданням. Як можна бачити з графіка (рис. 3) довжина свердловини рівна  $1b$  також не справила належного ефекту. На третій стадії глибина становила  $1,5b$ , при цій глибині став проявлятися необхідний ефект. Для повного вирівнювання моделі фундаменту глибина буріння була збільшена до  $2b$ . У результаті різниця осідань крайніх точок моделі фундаменту знизилася до  $\Delta s=0,2\text{мм}$ .

Аналізуючи отримані дані, можна дійти висновку, що при появі значних зон зсувів ґрунту відбувається процес міграції ґрунту основи у вибурені свердловини, що призводить до ослаблення основи з найменшої сторони осідання фундаменту і надалі призводить до зниження нерівномірності осідання. Тому можна вважати, що поява зон зсувів ґрунту в основі фундаменту при вибурюванні свердловин пов'язана з ефективністю застосування методу, що підтверджується результатами моніторингу. Так поява значних зон зсувів ґрунтового масиву наставала, коли довжина свердловини у ґрунті досягала  $1,5b - 2b$ .

## Висновки.

1. Вивчення вибурювання вертикальних свердловин на процес зниження нерівномірності осідання фундаментів мілкого закладання в умовах лабораторних досліджень показало адекватність застосування даного методу в умовах піщаних ґрунтів.

2. Виявлено, що при бурінні вертикальних свердловин, в основі фундаменту формуються поверхні зсувів при видавлюванні ґрунту основи у вибурений простір свердловин. Такий механізм зниження жорсткості основи дозволяє залучати в роботу значну частину основи і рівномірно зменшувати крен.

3. Встановлено, що при бурінні вертикальних свердловин з боку моделей плитних фундаментів з найменшими осіданнями, глибина свердловин, при якій виникають зсуви ґрунту основи та призводять до зниження нерівномірності, виникають при глибині свердловин від  $1,5b - 2b$ .

5. Виявлено, що горизонтальне буріння на практиці технологічно складніше, оскільки вимагає спеціального обладнання і більш витратно за часом. Тому можна зробити висновок, що в стиснених умовах, коли основа складена слабкими ґрунтами, технологічно виправдано застосування вертикальних свердловин.

Слід відмітити, що в ході випробувань на моделях фундаментів були отримані позитивні результати зниження нерівномірності осідання, однак отримані дані носять швидше якісний характер, які дозволяють визначати закономірності взаємодії фундаменту реального об'єкта, що відчуває нерівномірні осідання. При цьому ефективність запропонованого методу зниження нерівномірності осідання підтверджується представлених модельних експериментах, але очевидно, що подальше застосування запропонованої технології вимагає додаткових теоретичних досліджень, що підтверджують експериментальні дані.

### **3 ПРОПОЗИЦІЇ ПО УДОСКОНАЛЕННЮ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ**

#### **3.1 Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель і споруд**

Пропозиція відноситься до галузі будівництва і може бути використана при експлуатації будівель та споруд для захисту від нахилів.

Вирівнювання геометричного нахилу будівлі означає, що будівля нахилена, оскільки фундамент будівлі нерівномірно осідає через якусь причину, а верхня конструкція будівлі відхиляється від вертикального положення, і коли ступінь нахилу будівлі перевищує національні відповідні вимоги стандартів, це серйозно впливає на безпеку та нормальне використання будівлі і необхідно прийняти заходи вирівнювання геометричного положення, зміцнення та стабілізації для забезпечення безпеки будівлі та відновлення нормальної функції використання будівлі.

Для будівель з фундаментами на природних ґрунтах поширеними методами вирівнювання геометричного положення є: - примусове осідання вищих частин будівлі, наприклад метод виправлення нахилу додатковим навантаженням на ґрунт основи, метод виправлення нахилу вилученням ґрунту основи, метод виправлення нахилу зменшенням вологості ґрунту основи, метод зрошення ґрунту основи; - підйом нижніх частин будівлі; - одночасне опускання вищих частин будівлі і піднімання нижніх.

Відомо спосіб виправлення нахилу будівлі з каркасною конструкцією, який характеризується послідовним виконанням наступних етапів: робочий котлован викопується в ґрунті навколо фундаменту у районі відносно великого осідання фундаменту будівлі; буряться свердловини вниз до твердого несучого шару; розміщується сталевий арматурний каркас в свердловині і заливається бетон, утворюючи литу на місці буронабивну бетонну палю; влаштовується опорний пристрій який горизонтально розташовують на колоні рами; підйомний пристрій розміщують між верхньою

поверхнею буронабивної бетонної палі та опорним пристроєм; колону рами та фундамент піднімають за допомогою опорного пристрою з вантажопідйомним пристроєм, до визначеного значення; заповнюють бетоном утворений простір між фундаментом та ґрунтом фундаменту (патент CN108708409A, МПК E02D 35/00, опубл. 26.10.2018 р.) [65]. Недоліком відомого способу є низька ефективність через необхідність влаштування буронабивних паль та заповнення бетоном простору між фундаментом та ґрунтом фундаменту.

Відомий спосіб вирівнювання будівель, споруд, що включає буріння в ґрунті основ під подошвою фундаменту горизонтальних свердловин з боку фасаду, який менше просів, в один або декілька паралельних рядів, заповнення свердловин водою, свердловини бурять поетапно із змінними параметрами, причому в усті свердловин улаштовують ґрунтові перемички, а зволоження ґрунту навколо свердловин здійснюють поетапно дозованою подачею гарячої води, буріння рядів свердловин здійснюють по чергово у напрямку знизу вгору, при цьому буріння кожного наступного ряду здійснюють після стабілізації осідань будівлі, споруди внаслідок буріння та заповнення водою попереднього ряду (патент UA №65455, МПК E02D 35/00, опубл. 15.03.2004 р.) [66].

Недоліком відомого способу є обмеженість використання тільки для будівель з фундаментами у виді суцільної плити та ґрунтів основи з низьким рівнем ґрунтових вод.

Найбільш близьким по технічній сутності і досягнутому результату є спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні свердловини, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі через шар ґрунтової основи на задану глибину, проводять руйнування ґрунту основи, виводять частинки зруйнованого ґрунту з свердловин, ослабляючи несучу здатність ґрунту основи, від чого будівля змушена нахилитися назад до ділянки з відносно невеликим осіданням, а заповнення швів і герметизацію проводять після того, як нахил будівлі буде відповідати нормам (патент

CN110565709B, МПК E02D 35/005, опубл. 23.06.2020 р.) [67].

Недоліком відомого способу є використання для влаштування свердловин, руйнування і вилучення ґрунту основи води під великим тиском, яка впливає на всі шари ґрунту основи, викликаючи можливість неконтрольованого осідання будівлі через властивість замоченого ґрунту осідати після закінчення подачі води.

В основу пропозиції поставлено задача розробки способу вирівнювання геометричного положення будівель та споруд шляхом вилучення частини ґрунту основи під фундаментом зі сторони меншої деформації сухим методом.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні свердловини, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі через шар ґрунтової основи на задану глибину, проводять руйнування ґрунту основи, виводять частинки зруйнованого ґрунту з свердловин, ослабляючи несучу здатність ґрунту основи, від чого будівля змушена нахилитися назад до ділянки з відносно невеликим осіданням, а заповнення швів і герметизацію проводять після того, як нахил будівлі буде відповідати нормам, причому вертикальні свердловини влаштовують сухим методом з розширеннями різних діаметрів на рівні робочого шару основи.

Пропозиція пояснюється кресленням (рис. 3.1), де показано боковий вид положення будівлі та план з розташуванням свердловин.

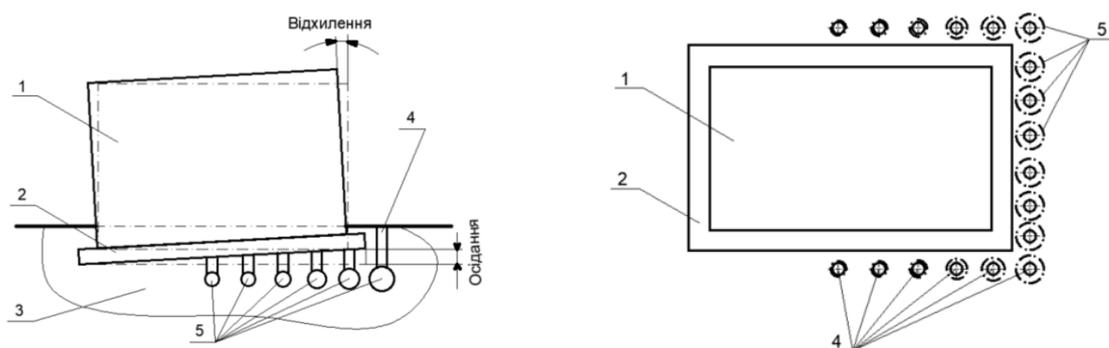


Рис. 3.1 - Виправлення нахилу вилученням ґрунту основи

Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи 3 фундаменту 2 через вертикальні свердловини 4 з розширеннями 5 на рівні робочого шару ґрунту основи 3, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі 1.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі 1 влаштовують сухим методом вертикальні свердловини 4 з розширенням 5 різних діаметрів в нижній частині по зовнішньому краю фундаменту 2 будівлі 1 на глибину 30 - 40 см нижче підшви фундаменту зі сторони протилежної нахилу, при цьому виймають частину ґрунту основи 3 з під підшви фундаменту 2. Більші діаметри розширення 5 свердловин 4 розташовують в зонах з меншим осіданням. Після вирівнювання геометричного положення будівлі 1 проводять фіксацію положення шляхом подачі через свердловини 4 під підшву фундаменту 2 тверднучого розчину під тиском.

Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд в якому проводять вилучення ґрунту основи сухим методом через вертикальні свердловини з розширеннями є надійним, ефективним, простим і здійсненим, коротким за терміном будівництва та низьким за вартістю будівництва, вилучення ґрунту основи здійснюється в зоні розширення, що добре контролюється і вдається уникнути ризику невизначеного осідання будівель.

### 3.2 Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд

Відомо спосіб виправлення нахилу будівлі з каркасною конструкцією, який характеризується послідовним виконанням наступних етапів: робочий котлован викопується в ґрунті навколо фундаменту у районі відносно великого осідання фундаменту будівлі; буряться свердловини вниз до твердого несучого шару; розміщується сталевий арматурний каркас в свердловини і заливається бетон, утворюючи литу на місці буронабивну бетонну палю; влаштовується опорний пристрій який горизонтально розташовують на колоні рами; підйомний пристрій розміщують між верхньою поверхнею буронабивної

бетонної палі та опорним пристроєм; колону рами та фундамент піднімають за допомогою опорного пристрою з вантажопідйомним пристроєм, до визначеного значення; заповнюють бетоном утворений простір між фундаментом та ґрунтом фундаменту (патент CN108708409A, МПК E02D 35/00, опубл. 26.10.2018 р.). Недоліком відомого способу є низька ефективність через необхідність влаштування буронабивних паль та заповнення бетоном простору між фундаментом та ґрунтом фундаменту.

Відомий спосіб вирівнювання будівель, споруд, що включає буріння в ґрунті основ під подошвою фундаменту горизонтальних свердловин з боку фасаду, який менше просів, в один або декілька паралельних рядів, заповнення свердловин водою, свердловини бурять поетапно із змінними параметрами, причому в усті свердловин улаштовують ґрунтові перемички, а зволоження ґрунту навколо свердловин здійснюють поетапно дозованою подачею гарячої води, буріння рядів свердловин здійснюють по чергово у напрямку знизу вгору, при цьому буріння кожного наступного ряду здійснюють після стабілізації осідань будівлі, споруди внаслідок буріння та заповнення водою попереднього ряду (патент UA №65455, МПК E02D 35/00, опубл. 15.03.2004 р.).

Недоліком відомого способу є обмеженість використання тільки для будівель з фундаментами у виді суцільної плити та ґрунтів основи з низьким рівнем ґрунтових вод.

Найбільш близьким по технічній сутності і досягнутому результату є спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні свердловини, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі через шар ґрунтової основи на задану глибину, проводять руйнування ґрунту основи, виводять частинки зруйнованого ґрунту з свердловин, ослабляючи несучу здатність ґрунту основи, від чого будівля змушена нахилитися назад до ділянки з відносно невеликим осіданням, а заповнення швів і герметизацію проводяться після того, як нахил будівлі буде відповідати нормам (патент CN110565709B, МПК E02D 35/005, опубл. 23.06.2020 р.).

Недоліком відомого способу є використання для влаштування свердловин, руйнування і вилучення ґрунту основи води під великим тиском, яка впливає на всі шари ґрунту основи, викликаючи можливість неконтрольованого осідання будівлі через властивість замоченого ґрунту осідати після закінчення подачі води.

В основу пропозиції поставлено задача розробки способу вирівнювання геометричного положення будівель та споруд шляхом вилучення частини ґрунту основи під фундаментом зі сторони меншої деформації сухим методом.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні свердловини, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі через шар ґрунтової основи на задану глибину, проводять руйнування ґрунту основи, виводять частинки зруйнованого ґрунту з свердловин, ослабляючи несучу здатність ґрунту основи, від чого будівля змушена нахилитися назад до ділянки з відносно невеликим осіданням, а заповнення швів і герметизацію проводять після того, як нахил будівлі буде відповідати нормам, причому проміжки між вертикальними свердловинами руйнують механічним пристосуванням, збільшуючи об'єм ослабленого ґрунту основи.

Пропозиція пояснюється рисунком 3.2, де а – показано боковий вид нахиленої будівлі, б – план розташування свердловин, в – схема руйнування проміжків між свердловинами.

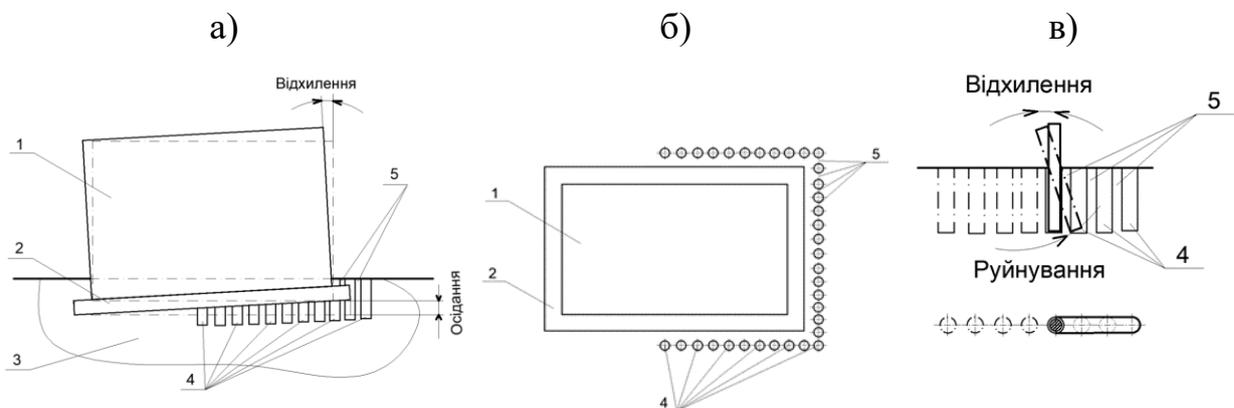


Рис. 3.2 – Вилучення ґрунту основи з руйнуванням проміжків між свердловинами

Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд, в якому проводять вилучення ґрунту основи 3 фундаменту 2 через вертикальні свердловини 4 з руйнуванням проміжків 5 між свердловинами 4 на рівні робочого шару ґрунту основи 3, які влаштовують зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі 1.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі 1 (рис. 3.2а) влаштовують вертикальні свердловини 4 по зовнішньому краю фундаменту 2 будівлі 1 на глибину 30 - 40 см нижче підшви фундаменту зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі (рис. 3.2б), при цьому виймають частину ґрунту основи 3 з під підшви фундаменту 2, за допомогою механічного пристосування руйнують проміжки 5 (рис. 3.2в) між палями 4 збільшуючи об'єм ослабленого ґрунту основи 3. Після вирівнювання геометричного положення будівлі 1 проводять фіксацію положення шляхом подачі через свердловини 4 під підшву фундаменту 2 тверднучого розчину під тиском.

Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні свердловини з руйнуванням проміжків між свердловинами дозволяє підвищити ефективність виконання робіт та виключає неконтрольоване осідання фундаменту.

### 3.3 Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель

Пропозиція належить до галузі будівництва і може бути використана при реконструкції каркасних будівель та споруд, а також при їх експлуатації для захисту від нахилів. Відомий спосіб вирівнювання будівель, споруд що включає буріння в ґрунті основи під фундаментом горизонтальних свердловин змінних параметрів зі сторони будівлі, яка менше осіла, заливання води у свердловини, контроль за осіданнями фундаменту, зволоження ґрунту навколо свердловин виконують порційним зрошуванням стінок свердловин з поетапним контролем осідань фундаменту до повернення споруди в проектне

положення, після чого перфорований шар основи розпушують з одночасним просочуванням пухкого ґрунту в'язучим розчином і перемішують ґрунтов'язучу суміш (патент на корисну модель UA №1132167, МПК E02D 35/00, опубл. 11.02.2019 р., бюл. №3) [68].

Недоліком відомого способу є те, що зволоження ґрунтів виконують заповненням водою горизонтальних свердловин, що технологічно складно та провокує неконтрольоване замочування за межами перфорованого шару основи деформованої будівлі і може ще збільшити її деформації через ослаблення ґрунтів основи заливанням свердловин водою, а також складність використання для вирівнювання будівель на паливних фундаментах.

Відомий спосіб виправлення підйому та нахилу будівлі з каркасною конструкцією, який включає наступні етапи: риття котловану в ґрунті фундаменту похилої будівлі, де осідання фундаменту відносно велике, оголюючи колону каркаса в місці незалежного фундаменту; буріння свердловини вниз від дна робочого котловану до твердого несучого шару ґрунту; вкладання в свердловину арматурного каркасу, заливка бетоном і влаштування буронабивної палі; встановлення опорного пристрою горизонтально на стовп рами; встановлення підйомного пристрою між верхньою поверхнею буронабивної палі та опорним пристроєм; піднімання підйомним пристроєм, колони каркаса та автономного фундаменту до допустимого відхилення, зазначеного в нормах, заливка бетону у щілину, залишену самостійним фундаментом і ґрунтом фундаменту. (патент CN108708409A, МПК E02D 35/00, опубл. 26.10.2018 р.).

Недоліком відомого способу є низька ефективність через використання в якості фундаменту нових буронабивних палей і невикористання несучої здатності існуючого фундаменту.

Найбільш близьким по технічній суті і досягнутому результату є спосіб зведення надбудови будинку самопідйомним способом, у якому зміцнюють основу колони рами, встановлюють домкрати, розрізають колону і піднімають на задану висоту, вирівнюють положення подачею тиску в домкрати,

заповнюють проміжки між опорною та піднятою частинами колон, отриманих після підняття, вилучають домкрати, зварюють арматурні випуски і закладні деталі між собою та замоноличують бетоном (патент CN105064717A, МПК E04G 23/06, опубл. 29.03.2017 р.). Такий спосіб вимагає використання сталевих кронштейнів з обох боків колон каркасної будівлі. Як опору для підйому домкрата необхідно встановити сталеву ковзанку, щоб запобігти відхиленню домкрата; після підняття потрібно прибрати всі кронштейни і ковзанки, що збільшить тривалість будівництва і зробить процес будівництва більш громіздким та, крім того, процес демонтажу кронштейнів і ковзанок може пошкодити саму будівлю.

В основу пропозиції поставлено задача розробки способу вирівнювання геометричного положення каркасних будівель, що зазнали впливу нерівномірних деформацій основи шляхом влаштування технологічних ніш в опорних колонах для встановлення домкратів, що сприятиме спрощенню використання і підвищенню надійності та ефективності виконання робіт.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вирівнювання геометричного положення каркасних будівель, в якому зміцнюють основу колони рами, встановлюють домкрати, розрізають колону і піднімають на задану висоту, вирівнюють положення подачею тиску в домкрати, заповнюють проміжок між опорною та піднятою частинами колони, вилучають домкрати і зварюють арматурні випуски і закладні деталі між собою та замоноличують бетоном, для встановлення домкратів влаштовують технологічні ніші, вирізаючи частину колони з протилежних кутів, встановлюють домкрати в технологічні ніші, розрізають захисний шар і робочу арматуру колони, а центральну частину залишають цілою.

Пропозиція пояснюється рис. 3.3, де а – показано нахилена каркасна будівля, б – каркасна будівля після вирівнювання геометричного положення, в – схема розташування домкрата, г – заповнення проміжку між опорною та піднятою частинами колони, д – розріз А-А колони з розташуванням технологічних ніш. Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних

будівель, в якому зміцнена основа 2 колони 1 рами каркасу, влаштовані технологічні ніші 3 в колоні 1, встановлені домкрати 4 в технологічних нішах 3 і системи для піднімання 5, виконано розрізання захисного шару і робочої арматури 6 та поданий тиск в домкрати 4 за допомогою системи для піднімання 5, після вирівнювання положення в проміжок між опорною та піднятою частинами колони 1 встановлені закладні деталі 7, вилучені домкрати 4, заварені арматурні випуски робочої арматури 6 та закладні деталі 7 і проміжок замонолічено бетоном.

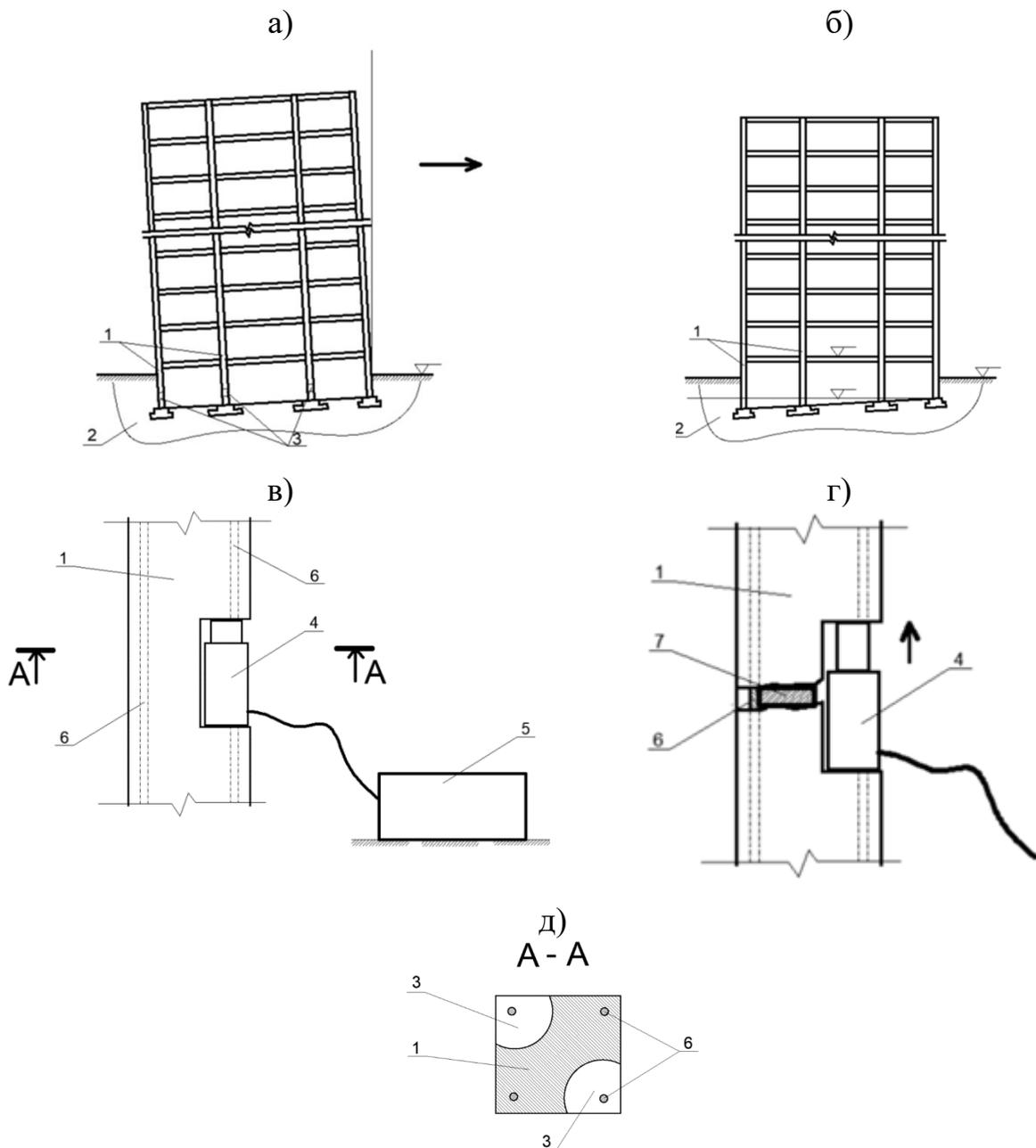


Рис. 3.3 - Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель

Спосіб здійснюють наступним чином.

Зі сторони більшого осідання каркасної будівлі зміцнюють основу 2 під фундаментом колони 1 рами каркасу (рис.3.3а), влаштовують технологічні ніші 3 в колоні 1 будівлі вирізаючи частину тіла колони 1 з протилежних кутів (рис. 3.3д) для встановлення домкратів 4.

Встановлюють домкрати 4 та систему для піднімання 5 (рис. 3.3в), подають тиск в домкрати 4, до упору в технологічних нішах 3, розрізають захисний шар і робочу арматуру колони 1, залишаючи цілою центральну частину колони 1 (рис. 3.3д), яка разом з домкратами 4 сприймає вертикальне навантаження від ваги будівлі, подають додатковий тиск в домкрати 4 за допомогою системи для піднімання 5, при цьому руйнується центральна частина колони 1 через низький опір бетону на розтяг, після вирівнювання положення (рис. 3.3б) в проміжок між опорною та піднятою частинами колони 1 встановлюють закладні деталі 7 (рис. 3.3в), заварюють арматурні випуски робочої арматури 6 та закладні деталі 7, вилучають домкрати 4, і проміжок між опорною та піднятою частинами колони 1 замонолічують бетоном.

Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель дозволяє підвищити ефективність виконання робіт за рахунок контрольованого підйому та стабілізації геометричного положення.

## Висновки

1. Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд в якому проводять вилучення ґрунту основи сухим методом через вертикальні свердловини з розширеннями є надійним, ефективним, простим і здійсненним, коротким за терміном будівництва та низьким за вартістю будівництва, вилучення ґрунту основи здійснюється в зоні розширення, що добре контролюється і вдається уникнути ризику невизначеного осідання будівель.

2. Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд в якому проводять вилучення ґрунту основи через вертикальні

свердловини з руйнуванням проміжків між свердловинами дозволяє підвищити ефективність виконання робіт та виключає неконтрольоване осідання фундаменту.

3. Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель дозволяє підвищити ефективність виконання робіт за рахунок контрольованого підйому та стабілізації геометричного положення.

## 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Архітектурно-будівельні рішення

#### 4.1.1 Вихідні дані

Проектом передбачається вирівнювання геометричного положення 9-поверхової будівлі «Офісно-комерційного центру в м. Харків», яка отримала наднормативні деформації в процесі експлуатації в результаті замочування основи при пошкодженні теплотраси, з розміщенням:

- на 1 поверсі – вестибюльної групи і тренажерного залу;
- у підвалі – кафе;
- на 2 – 9 поверхах офісних приміщень;
- на горищі – кришної котельні, венткамер і технічних приміщень;
- на покрівлі – оглядового майданчика.

Будівля розташована в місті Харкові, ділянка будівництва відноситься до II фізико-географічного району.

Температура найбільш холодної доби дорівнює  $-28^{\circ}\text{C}$ ; температура найбільш холодної п'ятиденки дорівнює  $-23^{\circ}\text{C}$ .

Клімат помірний II, зона вологості суха;

Температура зовнішнього повітря:

- абсолютна мінімальна  $t_a = -36^{\circ}\text{C}$ ;
- середня найбільш холодної доби  $t_{xc} = -28^{\circ}\text{C}$ ;
- середня найбільш холодної п'ятиденки  $t_{хпд} = -23^{\circ}\text{C}$ ;
- абсолютна максимальна  $t_{xc} = +39^{\circ}\text{C}$ ;

Кількість атмосферних опадів за рік 600-700 мм;

Переважаючі напрями і максимальна швидкість вітру:

- січень: ПНС  $v = 17$  м/с; З  $v = 16$  м/с; Пд  $v = 14$  м/с;
- липень: ПНЗ  $v = 21$  м/с; Пн  $v = 17$  м/с; З  $v = 10$  м/с.

Швидкісний натиск вітру – 0,43 кПа.

Вага снігового покриву – 1,6 кПа.

Найбільша висота снігового покриву – 2,0.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів – 1,1м.

#### 4.1.2 Генплан

Ділянка будівництва розміщується в межах ядра історичного центру міста в кварталі, обмеженому вулицями Пушкінської, Воробйова і пров. Театральним. Ділянка обмежена:

- з північного сходу - пров. Театральним;
- з північного заходу - територією ХОНМИНО;
- з південного заходу і південного сходу - ділянками

житлової забудови.

Головний вхід у вестибюль передбачений пров. Театрального, додатковий вихід з вестибюля з боку двору. В'їзди на парковочні місця автостоянки, розташовані в габаритах 1го (цокольного) поверху, – з пров. Театрального і з двору. Безбар'єрний доступ в будівлю для інвалідів забезпечений по пандусах з пров. Театрального і з двору. На стику з ділянкою Інституту безперервної освіти запроектовано металеву огорожу з воротами.

Театральний провулок є житловою вулицею із значним рухом автотранспорту в часи пік. У 50 м на північний захід від ділянки Театральний провулок перетинає вул. Пушкінська – магістраль районного значення з інтенсивним рухом автотранспорту і трамвая. З північного сходу до Театрального провулка примикає вул. Чубаря – житлова вулиця з епізодичним рухом автотранспорту.

Забудова, що оточує ділянку будівництва, склалася, в основному, на початку ХХ століття і представлена 2-5 поверховими житловими будинками, що формують периметр кварталів, зокрема – трьома пам'ятниками архітектури.

Ділянка в основному вільна від забудови. Транзитом по ділянці проходить теплотраса 2×300 і недіючий каналізаційний колектор Ш400, що підлягає винесенню, а також телефонна каналізація. На ділянці є великогабаритна камера теплофікації, що підноситься над поверхнею землі

більш ніж на метр, яка підлягає реконструкції з метою пониження відмітки перекриття до планувальних відміток території. Рельєф ділянки виражений з падінням в південно-східному напрямі (ухил до 4%).

Таблиця 4.1 - Техніко-економічні показники

Найменування	Од. вим.	К-ть
1. Площа ділянки	га	0,2057
2. Площа забудови	м <sup>2</sup>	845
3. Кількість поверхів	шт.	9
4. Висота поверху	м	3,3
5. Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	27440
зокрема: - нижче за відм.0.000		2520
- вище за відм.0.000		24920
6. Загальна площа	м <sup>2</sup>	7580
7. Корисна площа	м <sup>2</sup>	7441,61
8. Розрахункова площа	м <sup>2</sup>	5866,92
9. Кількість працюючих	чол.	570
10.Кількість місць в кафе	шт.	80
11.Ступінь вогнестійкості будівлі		I
12.Клас відповідальності		II
13.Коефіцієнт надійності за призначенням		0,95
14.Місткість відкритої автостоянки	місць	22

#### 4.1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Розглянута 9-поверхова будівля з підвалом, технічним горищем і оглядовим майданчиком на даху, розрахована на розміщення офісів різного розміру, в плані є прямокутником з розмірами в осях 1–2 - 42000мм, в осях А–Д -18000мм. Висота поверху 3300мм, висота будівлі від рівня землі складає 38000мм.

На кожному з 2 – 9 поверхів розміщені до чотирьох офісів, що складаються з декількох кабінетів, і парадного холу загального користування, який може використовуватися для переговорів або як рекреаційне приміщення. При необхідності офіси в межах поверху можуть бути об'єднані.

На 1 поверсі розміщуються вхідний вестибюль, пост охорони і невеликий тренажерний зал з душовою для обслуговування тих, що працюють в будівлі, на горищі – кришна котельна і інші технічні приміщення, на покрівлі – оглядовий майданчик.

Під будівлею в підвальному поверсі розташоване кафе на 80 місць, призначене для обслуговування відвідувачів офісу, які можуть опуститися в нього з будь-якого поверху на двох пасажирських ліфтах. Кафе має самостійний вестибюль, що дозволяє використовувати його і для обслуговування відвідувачів, не пов'язаних з офісом.

Для вертикальних зв'язків передбачені 2 драбини і 2 ліфти (вантажопідйомністю 400 і 1000 кг). Обидва ліфти мають зупинки на всіх надземних поверхах, в підвалі і – для зручності виходу на оглядовий майданчик – на горищі.

Композиція фасаду – осьова, акцентована вітражами і зашкеленими еркерами. У обробці фасадів використані високоякісні матеріали і вироби: вітражі з теплозахисними склопакетами, вікна індивідуального виготовлення, облицювання цоколя штучним гранітом, високоякісна штукатурка із забарвленням водостійкими фарбниками.

Внутрішня обробка передбачена з використання високоякісної керамічної плитки, паркету, килимових покриттів і лінолеуму, забарвлення стін і стель водостійкими фарбниками, підвісні стелі "Армстронг". У обробці застосовані полімерні матеріали з числа дозволених Мінохоронздоров'я України.

Просторова жорсткість будівлі забезпечується по рамно-зв'язевій схемі за рахунок жорсткого сполучення монолітних перекриттів з колонами і сталевих зв'язків.

#### 4.1.4 Конструктивне рішення

Будівля запроектована в монолітному залізобетонному безригельному каркасі. Основні несучі конструкції – колони перетином 400×400мм, безбалочні перекриття завтовшки 200мм і сталеві зв'язки, фанеровані цеглиною. Зміна несучої здатності колон по висоті будівлі забезпечується зміною міцності бетону і інтенсивності армування.

Фундамент – монолітна залізобетонна плита.

Несучі конструкції – монолітний залізобетонний безригельний каркас.

Навісні зовнішні стіни – з пінобетону.

Перегородки – цегляні або гіпсокартонні.

Підвісні стелі – з гіпсокартону.

Драбини – із залізобетонних ступенів по сталевих косоурам.

Стіни ліфтових шахт – цегляні.

Вікна – енергозбережні металопластикові.

Вітражі – з “теплого” алюмінію.

Двері – дерев'яні 2100×900мм, балконні двері засклені 2300×900мм.

Поли офісних приміщень – паркет; коридори – лінолеум; санвузли – керамічна плитка.

Внутрішня обробка – керамічна плитка, паркет, килимові покриття і лінолеум, забарвлення стін і стель водостійкими фарбниками

Зовнішня обробка – штукатурка із забарвленням фасадними фарбниками.

Покрівля – експлуатована: з покриттям морозостійкою плиткою, не експлуатована: сходові клітки.

Покрівля складається з:

*Експлуатована покрівля:*

1) ФЕМ (тротуарна плитка); 2) кварцовий пісок по ДСТУ Б В. 2.7-131:2007; 3) два шари євро руберойду (для утворення повітряного прошарку виконується локальна смугова приклеїла, що підстиляє шару до підстави, при

цьому вона виконується рівномірно і складає 25% площі покрівельного килима. Другий шар євро руберойду наплавляється на підстилаючий шар.

На гребенях вододілу по шву в стягуванні виконуються додаткові шари); 4) праймер: бітум на уайтспіриті; 5) стягування з цементно-піщаного розчину М150, армоване сіткою з  $\varnothing 5$  ВрІ з осередком  $150 \times 150$  (стягування розрізає на карти  $1,5 \times 1,5$  м закладкою пористих гумових джгутів); 6) один шар руберойду досуха; 7) блискавка захист; 8) жорсткі плити «Роквул»; 9) керамзит ( $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ ) по ухилу  $= 0 \div 20^0$ ; 10) один шар руберойду досуха; 11) монолітна залізобетонна плита.

*Неексплуатована покрівля:*

1) дрібний гравій, втоплений в мастику; 2) два шари євро руберойду; 3) праймер: бітум на уайтспіриті; 4) стягування з цементно-піщаного розчину М150, армоване сіткою з  $\varnothing 5$  ВрІ з осередком  $150 \times 150$  (стягування розрізає на карти  $1,5 \times 1,5$  м швами шириною 5 мм); 5) один шар руберойду досуха; 6) блискавка захист; 7) жорсткі плити «Роквул»; 8) керамзит по ухилу  $= 0 \div 20^0$ ; 9) один шар руберойду досуха; 10) монолітна залізобетонна плита.

#### 4.1.5 Інженерне устаткування

Зовнішні інженерні мережі

Водопостачання

Водопостачання запроектоване від існуючої водопровідної мережі Ш300мм по пер. Театральний. Проектована мережа – з поліетиленових водопровідних труб ПЭ80 SDQ11. Вживані труби марки ПЭ повинні бути сертифіковані і дозволені МОЗ України для питного водопостачання.

Для установки відключаючої арматури передбачений колодязь із збірних залізобетонних елементів.

Пожежогасіння - від існуючого і запроектованого пожежних гідрантів. Витрата води на зовнішнє пожежогасіння - 20 л/сек.

Каналізація. Передбачене винесення каналізаційного колектора Ш500мм, потрапляючого в зону будівництва.

Каналізація будівлі підключається до існуючого каналізаційного колектора Ш200мм, проходить по пров. Театральному. Мережу запроектовано з чавунних труб ЧНР по ДСТУ Б В. 2.7-201:2009. Оглядові колодязі – із збірних залізобетонних елементів.

Внутрішнє інженерне устаткування

Опалювання і вентиляція

Джерелом теплопостачання служить кришна котельна з параметрами теплоносія 95 - 70° С. Система опалювання прийнята двотрубна, регульована терморегуляторами, з верхньою розводкою теплоносія з роздільними горизонтальними розводками для кожного офісу і кафе і індивідуальним обліком тепла. Система опалювання запроектована із сталевих труб. Як нагрівальні прилади прийняті настінні вертикальні «Фанкойли».

Вентиляція передбачена припливно-витяжна з механічним спонуканням в робочих приміщеннях і природним імпульсом в санвузлах і допоміжних приміщеннях і охолоджуванням в літній період. Для охолоджування зовнішнього повітря, що поступає від припливних каналних поверхових вентиляторів, використовуються опалювальні прилади «фанкойл», перемикачі на літній період на водопостачання від холодильної установки типу «чиллер», змонтованої у венткамері, розташованої на горищі. Для організації витяжки з механічним спонуканням використовуються каналні і кришні вентилятори.

Водопостачання. Каналізація

Будівля офісно-комерційного центру обладнана системами холодного, гарячого водопостачання, госп-фекальною і виробничою каналізацією, внутрішніми водостоками.

Водопостачання.

Холодне водопостачання будівлі здійснюється від кільцевої зовнішньої мережі двома введеннями. Гарантійний натиск на введенні складає 25 м водяного стовпа. У будівлі запроектований об'єднаний господарсько-питний і протипожежний водопровід.  $V_{\text{буд.}} = 33000 \text{ м}^3$ . Пожежогасіння будівлі здійснюється в 2 струмені з витратою 2,5 л/с кожна.

На введенні водопроводу передбачена установка водомірного вузла з водоміром ЕТК-32, на обвідній лінії якого встановлюється електрифікована засувка, що відкривається автоматично на випадок пожежі від натиснення кнопки у пожежного крана. Для обліку витрати холодної і гарячої води кафе і тренажерного залу передбачені водомірні вузли.

У зв'язку з недостатнім натиском на потреби холодного водопостачання ( $H_{тр.} = 60 \text{ м. вод. ст.}$ ) в підвалі будівлі запроектована безшумна підвищувальна насосна станція "Гідромульті" – 2 CR 8-40.  $N = 1,5 \text{ кВт}$  кожного насоса (один робочий, один резервний).

Також зважаючи на недостатній натиск на протипожежні потреби ( $H_{тр.} = 60 \text{ м. вод. ст.}$ ) в насосній станції передбачена установка 2-х протипожежних насосів До 65-50-160 з електродвигунами 4AM 100 L 2У3 (один робочий, один резервний)  $N = 5,5 \text{ кВт}$  кожного насоса.

Гаряче водопостачання здійснюється від дахової котельної.

Вживані пластикові труби "WAWIN" сертифіковані і дозволені МОЗ України для питного водопостачання. Сертифікати і висновки передаються замовнику при придбанні устаткування і представляються ним органам СЭС при здачі об'єкту в експлуатацію.

Каналізація. Госп-фекальні стоки від санвузлів офісів скидаються в зовнішню каналізаційну мережу. У приміщеннях кафе запроектовані 2 системи каналізації: виробнича і госп-фекальна. Виробничі стоки від технологічного устаткування кафе з розривом струменя 2 см після очищення в жиро уловлювачі окремим випуском скидаються в зовнішню каналізаційну мережу. Хоз-фекальні стоки кафе також окремим випуском скидаються в зовнішню каналізацію.

Водостік. Будівля обладналася системою внутрішніх водостоків з випуском атмосферних вод в лотки на відмощуванні.

Газопостачання - Передбачається система газопостачання дахової котельної.

Електро і слабкострумове устаткування

Передбачено електропостачання будівлі по II категорії, а протипожежної насосної – по I категорії надійності. Облік електроенергії – роздільно для кожного офісу і кафе. Телефонізація будівлі – від міських мереж; телебачення від колективної антени з можливістю установки супутникової антени з розводкою у всі офіси і кафе.

Автоматизація і сигналізація

Передбачені:

- автоматизація насосів, що підвищують, електрозасувки на обвідній лінії водоміра, управління насосами, що підвищують, в об'ємі комплектного постачання насосних станцій "Гідромульті";
- відключення вентиляції при пожежі;
- сигналізація аварійних параметрів роботи загальнобудинкових служб з винесенням на щит сигналізації у чергового охоронця;
- автоматична пожежна сигналізація і сигналізація загазованості в підвалі будівлі з виведенням сигналу на щит сигналізації охорони і - по мережах комплексної телефонної мережі - на ПЦН району.

#### 4.1.6 Теплотехнічний розрахунок

Теплотехнічний розрахунок вертикальної конструкції

Теплотехнічний розрахунок виконується з метою визначення опору теплопередачі  $R_0$  конструкції.

Опір теплопередачі конструкції  $R_0$  повинно бути не менш необхідного опору теплопередачі:  $R_0 \geq R_0^{TP}$ ,

який для внутрішніх конструкцій, визначається по формулі:

$$R_0^{TP} = n \cdot (t_v - t_3) / \Delta t^H \cdot \alpha_v,$$

де:  $n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні конструкції  $n=1$ ;

$t_v$  - розрахункова температура внутрішнього повітря, приймаємо рівною для житлових будинків  $t_v=25$  °С;

$t_z$  - температура зовнішнього повітря в холодний період,  $t_z = -23^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t^H$  - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні конструкції, для зовнішніх стін  $\Delta t^H = 6^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_{\beta}$  - коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні конструкції,  $\alpha_{\beta} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

Температуру зовнішнього повітря в холодний період  $t_z, ^\circ\text{C}$  приймають відповідно до ДСТУ - Н Б В.1.1-27 :2010 [69].

$t_z$  - дорівнює значенню середньої температури найбільш холодних трьох днів: для м. Харкова  $t_{\text{хп}} - t_{\text{хс}} = (t_{\text{хп}} - t_{\text{хс}}) / 2 = - (-28 - 23) / 2 = -25,5^\circ\text{C}$ .

$t_{\text{хп}}$  - середня температура найбільш холодної п'ятиденки:  $t_{\text{хп}} = -23^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{хс}}$  - середня температура найбільш холодних пір:  $t_{\text{хс}} = -28^\circ\text{C}$ ;

$$R_{0\text{TP}} = n \cdot (t_{\text{в}} - t_z) / \Delta t^H \cdot \alpha_{\beta} = 1 \cdot (25 + 23) / 8,7 \cdot 6 = 0,919 \text{ Г}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Величину опору теплопередачі багат шарової конструкції  $R_0$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  визначаємо по формулі:

$$R_0 = 1 / \alpha_{\beta} + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + 1 / \alpha_{\text{н}}$$

де:  $\alpha_{\text{н}}$  — коефіцієнт тепловіддачі для зимових умов зовнішньої поверхні конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ; для зовнішніх стін  $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$  — товщини окремих пластів багат шарових конструкцій, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  — розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

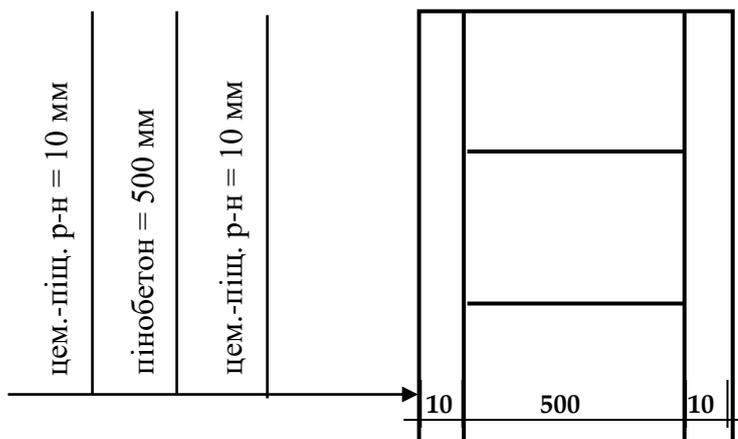


Рис. 4.1 - Розріз зовнішньої стіни

Схема вертикальної багатошарової конструкції:

1. Цементно-піщаний розчин  $\lambda_1=0,76 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$ ;  $\delta_1=0,01 \text{ м}$ ;
2. Пінобетон  $\lambda_2=0,22 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$ ;  $\delta_2=0,5 \text{ м}$ ;
3. Цементно-піщаний розчин  $\lambda_3=0,76 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$ ;  $\delta_3=0,01 \text{ м}$ .

$$R_0=1/8,7+0,01/0,76+0,5/0,22+0,01/0,76+1/23 = 3,3 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

$$R_0 = 3,3 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}/\text{Вт} \geq R_0^{\text{тп}} = 0,919 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Умова виконується.

Висновок: дана захищаюча конструкція, що складається з вищезгаданих шарів забезпечує необхідні теплозахисні умови і тепловий режим приміщення.

#### 4.2. Основні будівельні матеріали

Розглянута 9-поверхова будівля з підвалом, технічним горищем і оглядовим майданчиком на даху, розрахована на розміщення офісів різного розміру, зведена в м. Харкові. Будівля в плані є прямокутником з розмірами в осях 1–2 - 42000 мм, в осях А–Д - 18000 мм. Висота поверху 3300 мм, висота будівлі від рівня землі складає 38000 мм.

Фундамент – монолітна залізобетонна плита.

Несучі конструкції – монолітний залізобетонний безригельний каркас.

Навісні зовнішні стіни – з пінобетону.

Перегородки – цегляні або гіпсокартонні.

Підвісні стелі – з гіпсокартону.

Драбини – із залізобетонних ступенів по сталевих косоурам.

Стіни ліфтових шахт – цегляні.

Вікна – енергозберезні металопластикові.

Вітражі – з “теплого” алюмінію.

Двері – дерев'яні 2100×900мм, балконні двері засклена 2300×900мм.

Підлоги офісних приміщень – паркет; коридори – лінолеум; санвузли – керамічна плитка.

Внутрішня обробка – керамічна плитка, паркет, килимові покриття і лінолеум, забарвлення стін і стель водостійкими фарбниками

Зовнішня обробка – штукатурка із забарвленням фасадними фарбниками.

Покрівля – експлуатована: з покриттям морозостійкою плиткою.

Вживані будівельні матеріали, конструкції і вироби повинні задовольняти вимогам стандартам „Основні правила роботи з радіоактивними речовинами і іншими джерелами іонізуючих випромінювань”, відповідати діючим будівельним нормам і правилам, відповідати діючим стандартам і технічним умовам і мати документ про якість на кожную партію. Матеріали і вироби, які підлягають сертифікації, повинні бути сертифіковані відповідно до встановленого порядку на відповідність діючим в Україні стандартам і технічним умовам.

Матеріали і вироби вибрані з урахуванням наявності необхідної номенклатури на ринку товарів і послуг, а також рівня цін на них.

При будівництві передбачено пряме постачання основних матеріалів від підприємств-виготівників:

бетон товарний, збірні залізобетонні вироби і конструкції – АТ ”Харківський завод ЗБК-5”

цегла силікатна – „Харківський цегляний завод №13”,

портландцемент – ВАТ ”Балцем” (м. Балаклея Харківська обл.)

пісок кварцевий – Безлюдовський кар'єр (Харківська обл.)

щебінь гранітний – АТ „Кварц” (м. Кременчук Полтавської обл.),

сталь арматурна – Донецький металургійний завод

пінобетон – ЗАТ „ЗЖБК № 1”.

Постачання інших матеріалів здійснюють через торгових посередників.

Матеріали для фундаментів.

Як фундаменти прийнята монолітна залізобетонна плита з бетону класу С 20/25 на портландцементі марки М 500; пісок кварцевий з МК=1,3; щебінь

гранітний фракції 5-40 мм; вода питна водопровідна; арматура класу А 300С, діаметр за розрахунком. Геометричні характеристики фундаментів, армування, класи, марки бетону по міцності визначені розрахунками по групах граничних станів.

Марки бетону по морозостійкості визначаються залежно від умов експлуатації по ДСТУ 9208:2022.

Під плитою фундаменту виконано підготовку з піску природного ДСТУ Б В.2.7-32-95 „Будівельні матеріали. Пісок природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт”. Пливу фундаменту виконують залізобетонною з бетону важкого ДСТУ Б В.2.7-43-96 „Будівельні матеріали. Бетони важкі” на портландцементі класу міцності при стисненні В25, марки водонепроникності W4 армовану зварними сітками ДСТУ 3760:2019 з поперечною робочою арматурами  $\varnothing 12$  А-240 ДСТУ 3760:2019 і подовжньої  $\varnothing 8$  А-240 ДСТУ 3760:2019. Товщина захисного шару бетону до робочої арматури 50мм.

Стіну фундаменту виконують з фундаментних блоків з бетону важкого ДСТУ 9208:2022 класу С20/25, марки водонепроникності W4, марки морозостійкості – F75.

Матеріали для несучих і захищаючих конструкцій.

Несучі конструкції – монолітний залізобетонний безригельний каркас.

Зовнішні стіни – з пінобетонних блоків  $\gamma=700$  кг/м<sup>3</sup> завтовшки 500 мм на розчині М50.

Цегляні ділянки зовнішніх стін виконувати з глиняної повнотілої цегли М100 на розчині М50.

Перегородки і внутрішні стіни – з силікатної цегли М75 на цементному розчині М25. Перегородки армувати через 5 рядів кладки по висоті арматурою 2  $\varnothing 6$  А 240С. Перегородки кріпити до перекриття серії 2.230-1 в.5 з кроком 1500; до стін – 2 рази по висоті.

Підвісні стелі – з гіпсокартону.

Драбини – із залізобетонних ступенів по сталевих косоурам.

Стіни ліфтових шахт – цегляні.

Товщина обмурівки стін, армування, марка цеглини по міцності визначаються розрахунками по несучій здатності по ДСТУ Б В.2.6-207:2015 «Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель». Конструкцію і товщину захищаючих конструкцій визначають розрахунками відповідно до ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель».

Зовнішні стіни і внутрішні несучі стіни виконують з цегли силікатної марки 150 ДСТУ Б В. 2.7-61-97 „Цегла і камені силікатні”.

Кладку виконують на цементно-піщаному розчині марки 75 ДСТУ Б В.2.7-23-95 „Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови” і армують зварними сітками з арматури Ø5 Вр1.

Бетонні і залізобетонні конструкції і вироби повинні відповідати ДСТУ Б В.2.6-2-95 ”Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови ”.

Покрівельні і гідроізоляційні матеріали.

Покрівельні матеріали визначають по ДБН В.2.6-220:2017 "Покриття будівель і споруд". Рулонні покрівельні і гідроізоляційні матеріали повинні відповідати ДСТУ Б В. 2.7-101-2000 Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні, мастики покрівельні і гідроізоляційні – ДСТУ Б В.2.7-108-2001 Будівельні матеріали. Мастики покрівельні та гідроізоляційні.

Покрівля (експлуатована) виконана з покриттям морозостійкою плиткою (неексплуатована – сходові клітки).

Експлуатована покрівля складається з:

1) ФЕМ (тротуарна плитка);

2) кварцовий пісок по ДСТУ Б В. 2.7-131:2007;

3) два шари євро руберойду (для утворення повітряного прошарку виконується локальна смугова приклеїла, що підстиляє шару до підстави, при

цьому вона виконується рівномірно і складає 25% площі покрівельного килима. Другий шар євро руберойду наплавляється на підстиляючий шар. На гребенях вододілу по шву в стягуванні виконуються додаткові шари);

4) праймер: бітум на уайтспириті;

5) стягування з цементно-піщаного розчину М150, армоване сіткою з  $\varnothing 5$  ВрІ з осередком  $150 \times 150$  (стягування розрізає на карти  $1,5 \times 1,5$  м закладкою пористих гумових джгутів);

6) один шар руберойду досуха;

7) блискавкозахист;

8) жорсткі плити «Роквул»;

9) керамзит ( $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ ) по ухилу  $= 0 \div 200$ ;

10) один шар руберойду досуха;

11) монолітна залізобетонна плита.

Неексплуатована покрівля складається з:

1) дрібний гравій, втопленний в мастику;

2) два шари євроруберойду;

3) праймер: бітум на уайтспириті;

4) стягування з цементно-піщаного розчину М150, армоване сіткою з  $\varnothing 5$  ВрІ з осередком  $150 \times 150$  (стягування розрізає на карти  $1,5 \times 1,5$  м швами шириною 5 мм);

5) один шар руберойду досуха;

6) блискавко захист;

7) жорсткі плити «Роквул»;

8) керамзит по ухилу  $= 0 \div 200$ ;

9) один шар руберойду досуха;

10) монолітна залізобетонна плита.

Влаштування покрівлі і гідроізоляції, які наплавляються, слід виконувати в строгій відповідності з інструкцією підприємства-виготівника матеріалу.

### Теплозвукоізоляційні матеріали.

Матеріали для влаштування тепло і звукоізоляції визначені на підставі розрахунків за ДБН В.2.6-31:2006 "Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель".

Тепло і звукоізоляцію конструкцій виконують з мінераловатних плит фірми „ROCKWOOL”, перевагою яких є можливість поєднання тепло- і звукоізоляції з протипожежним захистом. Вироби з минвати ROCKWOOL негорючі і їх застосування в конструкціях збільшує пожежну безпеку.

Мінераловатна ізоляція ROCKWOOL не вимагає спеціального захисту, якщо вона виконана відповідно до будівельних вимог і рекомендацій виробника.

### Матеріали для заповнення віконних і дверних отворів.

Конструкції заповнення отворів в стінах удома і матеріали для них визначені на підставі теплотехнічних розрахунків ДБН В.2.6-31:2021 "Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель".

Всі вікна, окрім вікон в котельній, виконують із заповненням склопакетами. Вікна в котельній виконують із заповненням шибкою завтовшки 4мм з установкою зовні огорожі з сітки «рябиця» по металевій рамі; витрата сітки =  $10\text{м}^2$ , I  $50 \times 50 = 95\text{кг}$ .

Двері – протипожежні повинні мати межу вогнестійкості RI 30, підтверджену сертифікатом „УкрСЕПРО”.

### Обробні матеріали.

Матеріали для зовнішньої і внутрішньої обробки визначаються відповідно до архітектурно-планувальних рішень з урахуванням забезпечення заданої довговічності в даних умовах експлуатації згідно ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 «Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів».

У обробці фасадів використані високоякісні матеріали і вироби: вітражі з теплозахисними склопакетами, вікна індивідуального виготовлення, облицювання цоколя штучним гранітом, високоякісна штукатурка із забарвленням водостійкими фарбниками.

Внутрішня обробка передбачає використання високоякісної керамічної плитки, паркету, килимових покриттів і лінолеуму, забарвлення стін і стель водостійкими фарбниками, підвісні стелі "Армстронг". У обробці застосовуються полімерні матеріали з числа дозволених Мінохоронздоров'я України.

Зовнішня обробка: цоколь – морозостійка плитка на склеювальній мастиці, стіни – високоякісна штукатурка цегляних поверхонь і високоякісна штукатурка бетонних поверхонь по оцинкованій сітці з подальшим забарвленням фасадними фарбами.

Матеріали для конструкцій підлог визначаються залежно від вибраної конструкції підлоги і умов експлуатації відповідно до ДСТУ 9262:2023 «Настанова з контролю якості влаштування підлог».

Штукатурка стін в приміщеннях з підвищеною вологою виконують цементно-піщаним будівельним розчином марки 50 ДСТУ Б В.2.7-23-95. У середині сухих приміщень виконують суху штукатурку з листів гіпсокартону ДСТУ EN 520:2018 (EN 520:2004+A1:2009, IDT). ПЛИТИ ГПСОКАРТОНН.

Для внутрішньої обробки санвузлів застосовують плитки керамічні ДСТУ Б В.2.7-282:2011 Плитки керамічні. Плитки укладають на цементно-піщаному розчині марки 100 ДСТУ Б В.2.7-23-95.

Матеріали у вигляді панелей, плит і листів закріплюють за допомогою кріпильних деталей, рулонні матеріали наклеюють на клей ПВА і КМЦ.

Матеріали для впорядкування довколишньої території.

Матеріали для впорядкування довколишньої території вибираємо відповідно до ДСТУ 9241:2023 «Настанова з контролю якості робіт із благоустрою прибудинкової території». Для бетону, залізобетону і кам'яних

матеріалів, з яких виконується покриття під'їзних доріг і пішохідних доріжок, огорожі, малі архітектурні форми, марка матеріалу по морозостійкості визначається відповідно до ДСТУ Б В. 2.6-156-2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону» і ДБН В.2.6-162:2010 «Кам'яні та армокам'яні конструкції».

Покриття пішохідних доріжок і під'їзних доріг виконують з бетону важкого ДСТУ Б В.2.7-43-96 „Будівельні матеріали. Бетони важкі”, асфальтобетонну ДСТУ 8959:2019, плит бетонних тротуарних ДСТУ Б В.2.7-238:2010. Бордюри виконують з каменю бетонного бортового ДСТУ Б EN 1340:2016.

#### 4.3 Основи і фундаменти

Територія, на якій зведено офісно-комерційний центр, розташована у Київському районі м. Харкова та обмежена вул. Пушкінською, пров. Театральним та вул. Чубарів.

На ділянці було пробурено 5 розвідувальних свердловин, з яких було взято ґрунти на дослідження. В результаті встановлено такі шари ґрунтів:

З поверхні залягає шар I – насипний, потужністю до 2,5 м. Під ним знаходиться шар 2 – суглинок жовто-бурий, лесовий потужністю від 0,9 м до 2,2 м. Нижче – шар 3 – суглинок коричневий, потужністю від 1,7 до 2,5 м. 7 м, свердловинами глибиною 15 м не пройдено.

У геоморфологічному відношенні територія приурочена до лубенсько-тилігульської тераси на р. Лопань. У ранньочетвертинний час алювіальні відкладення цоколя тераси на ділянці розвідок були частково розмиті. Ерозійна форма, що утворилася, згодом заповнювалася покривними елювіально-делювіальними і еолово-делювіальними відкладеннями.

Четвертинні суглинисті відкладення, з глибини 10,7-11,1 м (абсолютні позначки 117,9-119,0 м), підстилаються глинами обухівської свити палеогену.

В даний час ділянка спланована насипними ґрунтами потужністю 1,8-4,1 м. Абсолютні позначки поверхні землі становлять 129,00-129,80 м.

Просторове положення виділених шарів показано на інженерно-геологічному розрізі по свердловинах.

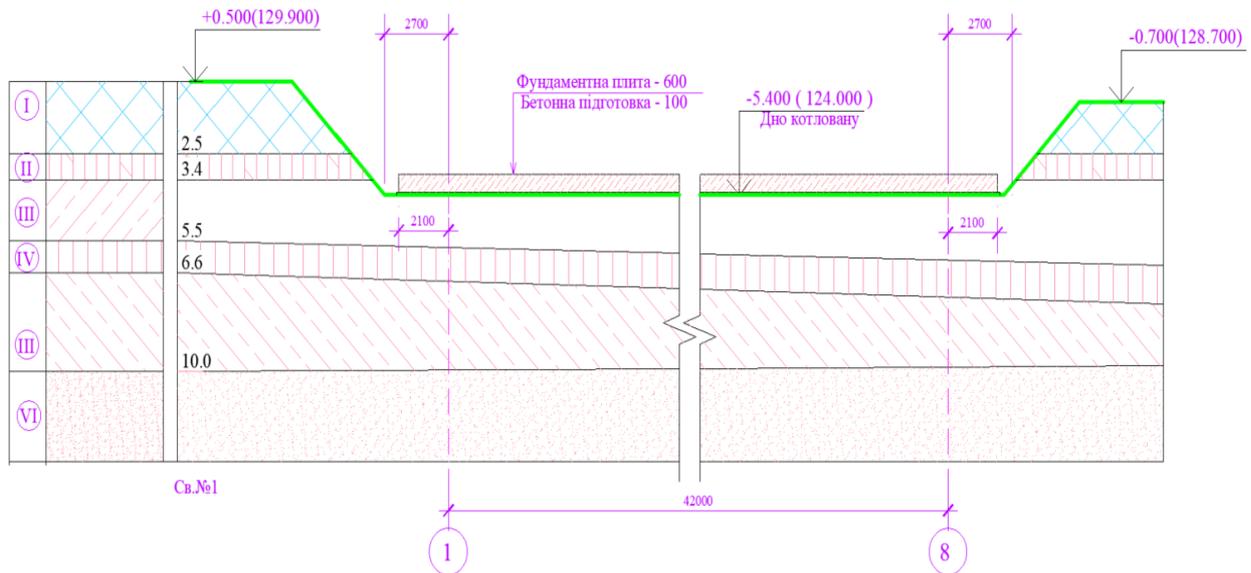


Рис. 4.2 – Інженерно-геологічний розріз

Таблиця 4.2 – Потужність шарів ґрунтів

№ шару	Назви ґрунтів	Номер свердловини та потужність шару, м.м.				
		1	2	3	4	5
1.	Насипний ґрунт	1,6	2,1	2,3	2,5	1,9
2.	Суглинок, жовто-бурий, лесовий	2,2	2,0	2,4	2,3	2,1
3.	Суглинок коричневий, лесовидний	2,4	2,5	1,9	2,3	2,5
4.	Глина коричнево-бура	2,5	1,8	2,2	2,4	2,6
	Глибина залягання ґрунтових вод	Відсутні				
	Позначка гирла свердловини, м	128,95	129,17	129,7	129,15	129,1

Нормативні та розрахункові значення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів шарів 1 - 4 (при  $\alpha = 0,85$  та  $\alpha = 0,95$ ) наведено у таблиці 4.3.

Суглинки шару 2 мають просадні властивості. Розмір початкового просадочного тиску становить 0,16 МПа. Просідання ґрунтів від власної ваги при замочуванні не відбудеться. Сумарна потужність просадкових ґрунтів максимальна в районі свердловини 6 і становить 3,0 м.

Корозійна активність ґрунтів до сталі – висока.

Нормативна глибина промерзання ґрунтів – 1,1 м.

Грунтові води свердловинами глибиною 15 м не розкриті. При погіршенні умов поверхневого стоку та аварійних витоків із водонесучих комунікацій на покрівлі суглинків другого шару можливе утворення тимчасових локальних водоносних горизонтів техногенних вод типу «верховодка». Це підтверджується матеріалами інженерно-геологічних досліджень і наявністю перезволожених ділянок в інтервалі глибин 2,8 - 3,5 м товщі насипних ґрунтів.

Таблиця 4.3 - Характеристики ґрунтів

Найменування	Позначення	Од. вим.	Номер шару			
			1	2	3	4
Щільність	$\rho_n$	т/м <sup>3</sup>	1,56	1,78	1,71	1,88
Щільність частинок	$\rho_s$	т/м <sup>3</sup>		2,68	2,66	2,72
Природна вологість	W			0,2	0,22	0,3
Вологість на межі текучості	W <sub>L</sub>			0,29	0,35	0,52
Вологість на межі пластичності	W <sub>P</sub>			0,18	0,21	0,27
Коеф. фільтрації	K <sub>ф</sub>	см/доб				
Кут внутрішнього тертя	$\varphi_n$	град		21	19	22
Питоме зчеплення	C <sub>n</sub>	кПа		20	15	21
Модуль деформації	E	МПа		5,8	6,1	15,3
Відносна просадність при P, МПа	$\epsilon_{SL}$	p=0,1		0,015		
		p=0,2		0,025		
		p=0,3		0,035		

#### 4.4 Технологічна карта на вирівнювання геометричного положення будівлі

##### 4.4.1 Вступ. Загальні вимоги.

1. Технологічна карта призначена для розробки проектів робіт по влаштуванню вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням і є документом, обов'язковим для використання на всіх відповідних будівельних об'єктах організації.

2. Технологічна схема влаштування вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням розробляється

з урахуванням вимог чинних нормативних документів, що діють в будівельній галузі.

3. Наказом керівника (генерального директора) будівельної організації призначається особа, відповідальна за будівництво об'єкта, у тому числі за виконання робіт з улаштування вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням.

Такою особою можуть бути: головний інженер будівельної організації, виконавчий директор, заступник генерального директора з виробництва, керівник проекту (далі - Відповідальний керівник).

4.. План виконання робіт (далі - ПВР), у тому числі улаштування свердловин, розробляється фахівцями виробничо-технічного відділу (відділу) будівельної організації, затверджується головним інженером та погоджується з відповідальним представником замовника (у разі необхідності).

5. Бригадир (бригадир) на зміні несе відповідальність за дотримання вимог ПВР і цієї технологічної карти. Відповідальний керівник, служба контролю якості, керівник ділянки відповідно до своєї належності зобов'язані забезпечувати створення необхідних умов для якісного виконання робіт і контроль за дотриманням лінійним персоналом вимог ПВР і технологічної карти.

6. При виконанні технологічних операцій по влаштуванню свердловин з розширенням необхідно керуватися проектною документацією (далі - ПД), вимогами ПВР, цією технологічною картою, а також вимогами нормативної документації, що діє в будівельній галузі.

Категорично забороняється проводити роботи без затвердженого ПВР.

ПД містить наступну інформацію:

- планово-висотні координати центрів свердловин;
- діаметри і глибини свердловин;
- відмітка абсолютної висоти дна свердловин;
- відмітка абсолютної висоти розширення свердловин;

- плани полів із зазначенням номерів кожної свердловини (якщо це не передбачено проектом, передбаченим в ПВР);

- конструкційний і фактичний обсяг свердловин (з урахуванням норми влаштування);

- висотна абсолютна відмітка рівня ґрунтових вод;

- геологічна колонка на основі даних інженерно-геологічних вишукувань на будівельному майданчику із зазначенням характеристик ґрунту.

ПВР містить наступну інформацію:

- абсолютна висота висоти вершини будівельного майданчика;

- вимоги до розмірів і дизайну покриття будівельного майданчика;

- послідовність влаштування свердловин;

- інструктаж з технології влаштування свердловин, включаючи способи буріння, способи влаштування розширення;

- інструкції з охорони праці та промислової безпеки;

- інші інструкції та вимоги, які є обов'язковими для виконання робіт.

Технологічна карта вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням містить таку інформацію:

- прийнятий спосіб влаштування свердловин з урахуванням наявності або відсутності ґрунтових вод;

- інструкція по комплектації колони використовуваних шнеків;

- вказівка глибини ножового перерізу шнеків щодо висоти донного отвору свердловини;

- глибина розташування розширення;

- інструктаж по організації і технології влаштування свердловин, в тому числі розширення, прийнятого на кожному етапі влаштування;

- картка оперативного контролю якості;

- склад і порядок ведення журналів, складання виконавчих схем, геодезичних вишукувань та інших документів (далі – виконавча документація).

7. У процесі виконання робіт по влаштуванню буронабивних паль персонал лінії зобов'язаний проводити оперативний контроль всіх технологічних процесів і операцій відповідно до вимог ДБН В.2.3-14:2006 "Мости і труби".

Приховані роботи повинні проходити атестацію в присутності відповідальних представників технічного нагляду замовника та інших причетних організацій з підготовкою відповідних актів.

Закінчений процес вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням повинен бути прийнятий комісією відповідальних представників технічного нагляду замовника та іншими відповідальними особами з підготовкою акта обстеження відповідальних конструкцій відповідно до вимог ДСТУ 9258:2023.

4.4.2 Склад виробничих процесів при вирівнюванні геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням.

#### Підготовчі роботи

До початку основних робіт, передбачених цією технологічною картою, повинні бути виконані такі підготовчі роботи:

- виконання геодезичних робіт по розмітці і фіксації осей споруди на місцевості, установка тимчасового орієнтира з абсолютною відміткою висоти;
- облаштування під'їзних шляхів в межах ділянки;
- мобілізація та розміщення на будівельному майданчику необхідного бурового обладнання, інструменту та допоміжного обладнання;
- встановлення попереджувальних знаків та огорожень;
- прокладання тимчасових мереж електропостачання, освітлення будівельного майданчика для можливості виконання робіт у темний час доби;
- мобілізація комплекту допоміжного обладнання та його підготовка до роботи;
- підготовка майданчиків для зберігання ґрунту витягнутого з свердловин до виконання відповідних технологічних операцій.

#### 4.4.3 Вимоги до організації будівельного майданчика.

Будівельний майданчик повинен мати розміри, передбачені ПВР і ПОБ, у тому числі ті, що забезпечують розміщення бурової установки для влаштування всіх свердловин з урахуванням вимог охорони праці та промислової безпеки.

Ухил поверхні будівельного майданчика в місці розташування бурової установки на місці буріння не повинен перевищувати 1 градус – (2 см на 1 м).

Ухили будівельного майданчика і шляхи пересування бурової установки не повинні перевищувати таких значень:

– при русі з піднятою щоглою (в робочому положенні):

- поздовжній 5 градусів – (9 см на 1 м)
- поперечний 3 градусів – (5 см на 1 м)

– при русі з демонтованою верхньою секцією щогли:

- поздовжній 15 градусів – (27 см на 1 м)
- поперечний 5 градусів – (9 см на 1 м)

Рух бурової установки по зледенілих схилах забороняється.

– будівельний майданчик, призначений для розміщення бурової установки, засипається шаром щебеню фракції 40-70 або піском товщиною не менше 100 мм з ретельним ущільненням, поверх якого укладаються дорожні плити.

При відсутності твердої поверхні майданчика для доріжок бурової установки необхідно укласти сталеві листи 20×1500×6000 мм на шар щебеню 300 мм або піску, з метою зниження тиску на ґрунт.

У нічний час доби ділянка повинна висвітлюватися.

Освітленість (ДСТУ EN 12464-1:2016) повинна бути рівномірною, без сліпучого впливу на працівників.

Таблиця 4.1 – Графік виконання робіт

№ п/п	Види робіт	Одиниці вимірюв.	Об'єми робіт	Склад ланки, люд.	Тривалість процесу, дні	Робочі дні											
						2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
1	Підготовка будівельного майданчика з твердим покриттям для розміщення бурової установки	м <sup>2</sup>	200	Землекоп 3р -2 2р -2	4	—											
2	Підготовка майданчика для зберігання бурового обладнання та інструменту (ковшових бурів, шнеків і т.д.)	м <sup>2</sup>	12	Оператор станка 3р-2	1		—										
3	Розмітка осей (центрів) свердловин з перенесенням (прив'язкою) висотних відміток	шт.	46	Інженери 4р-1, 3р-2	2		—										
4	Встановлення марок та геометричне нівелювання будівлі	шт.	12	Інженери 4р-2, 3р-2	3			—									
5	Буріння свердловини буровою установкою по осі свердловини з послідовним нарощуванням шнеків на послідовних ділянках	м <sup>3</sup> м.п.	9,384 299	Оператор станка 5р-2 3р-2	6			—	—								
6	Влаштування розширення.	м <sup>3</sup> /шт	2,3 / 46	Оператор станка 5р-2 3р-2	2			—	—								
7	Облаштування майданчика для тимчасового зберігання вийнятого зі свердловини ґрунту	м <sup>2</sup>	10	Різноробочі- 2	2			—	—								
8	Контроль геометричного положення будівлі (по маркам)	шт.	12	Інженери 4р-2, 3р-2	8					—	—	—	—				
9	Зворотна засипка ґрунту в свердловини з ущільненням	м <sup>3</sup>	7,82	Машиніст 3р -2 2р -2	4									—			
10	Відновлення дорожнього покриття	м <sup>2</sup>	66	Машиніст 3р -2 2р -2	4										—		

#### 4.4.4 Буріння свердловин, влаштування розширення.

Після вказівки схеми розташування осей свердловини і закріплення її на місцевості двома знаками (наприклад, металевими штирями, забитими на глибину 20 - 30 см), бурова установка встановлюється для початку буріння з закріпленням нижньої ділянки шнека по осі свердловини.

Монтаж обсадної секції здійснюється ротором бурової установки через комбінований дрейтеллер. Після установки по осі свердловини нижню секцію за допомогою зубчастої ріжучої фрези довжиною 0,3 м занурюють в ґрунт на глибину 15 – 20 см, після чого перевіряють плановане положення ділянки і збереження вертикальності. Зазначена перевірка вертикальності і планового положення секції пілотної корпусу повинна проводитися періодично до моменту її приєднання до наступної секції.

Потім наступні ділянки шнеків встановлюються і стикуються в процесі занурення.

Дана технологічна схема влаштування свердловин передбачає виїмку ґрунту свердловини за допомогою бурового шнека і ковшового бура (навісного обладнання бурової установки).

При розробці свердловини в незв'язних ґрунтах (піски, супіски) необхідно стежити за тим, щоб ґрунт витягувався тільки до позначки, розташованої не менше ніж на 1 м вище дна свердловини.

Цей контроль здійснюється шляхом вимірювання глибини свердловини з лотом (або за показаннями датчика вимірювання глибини на буровій установці). Величина керна ґрунту в обсадній трубі визначається як різниця в довжині обсадної труби і партії, що вимірює глибину свердловини в обсадній трубі.

Після цього ґрунт знову витягується зі свердловини за допомогою бурового інструменту до тих пір, поки донний вибій не вийде на новий рівень, що перевищує дно свердловини на 1 м.

При досягненні ножового перетину щільнопластичних (напівтвердих, твердих) глин витяг ґрунту зі свердловини здійснюється на дно ножового відрізка, а розробка свердловини здійснюється далі шнеком з відкритим дном.

Розміри свердловин, що споруджуються, повинні відповідати проектним значенням зі стандартними допусками. Якщо план виконання робіт містить більш жорсткі вимоги щодо допустимих відхилень, останніх слід дотримуватися.

У процесі буріння періодично контролюють вертикальність свердловини.

Вертикальність свердловин контролюється рівнем з вимірювальною основою не менше 1 м або кутоміром. Нахил вимірюється в двох взаємно перпендикулярних площинах через кожен метр занурення. При необхідності положення свердловини випрямляють за допомогою бурової установки. Фактичне вертикальне положення відзначається на виконавчій схемі.

Валуни, що зустрічаються під час буріння свердловин, повинні буритися кам'яним буром. При неможливості буріння вісь свердловини зміщується за попереднім погодженням з проектною організацією та відповідальними представниками замовника.

Витягнутий зі свердловини ґрунт (сухий) вивантажується на майданчик поруч з буровою установкою. Потім вона вивозиться за межі робочого майданчика (бурового майданчика) на склад зберігання, чи подальшого вивезення на полігон.

При вилученні насиченого водою ґрунту з колодязя необхідно встановлювати дренажні лотки в водозаборі і тримати ґрунт в складському складі для зневоднення.

У процесі буріння необхідно проводити постійний контроль за мітками забою і ріжучої кромки леза шнека шляхом регулярних вимірювань. Глибина свердловини при бурінні вимірюється за допомогою обмежувача глибини. Показання глибиноміра повинні періодично перевірятися партією.

Під час буріння необхідно:

– постійно здійснювати контроль за відповідністю фактичного положення шарів ґрунту даним ПД, враховуючи як висотні відмітки покрівлі і дна шарів різних ґрунтів, так і їх товщину;

– вказувати в буровому журналі відмітки фактичних меж і характеристик ґрунту, звертати особливу увагу на розбіжність фактичних шарів ґрунту за складністю розробки (групою ґрунту) і даними, зазначеними в ПД.

Групу ґрунтів слід визначати відповідно до класифікатора ґрунтів.

Під час виконання бурових робіт змінний майстер (бригадир) веде журнал буріння свердловин. До журналу буріння вносяться такі дані:

- дата виконання робіт;
- час, коли був зроблений запис;
- номер свердловини згідно з планом, що додається до бурового журналу;
- відмітка абсолютної висоти будівельного майданчика;
- абсолютна перепад висоти дна колодязя згідно з проектом;
- проектна глибина свердловини;
- діаметр свердловини;
- глибина (або височина) появи ґрунтових вод;
- фактична позначка дна і глибина закінченої свердловини;
- кут нахилу свердловини до вертикалі (тангенс кута нахилу).

Кожен запис підтверджується особистим підписом змінного майстра (бригадира).

Записи в журналі буріння робляться:

- безпосередньо перед початком буріння;
- у разі зміни типу ґрунту;
- при появі ґрунтових вод;
- в кінці і на початку кожної зміни;
- після завершення буріння;
- до і після непередбачених перерв у бурінні;
- в інших випадках на розсуд виконроба (оператора свердлильного верстата).

Після закінчення буріння свердловини дно колодязя очищають від ґрунту і оглядають наявність ґрунтів на відповідність ґрунтам, передбаченим ПД на рівні дна свердловини.

Після закінчення буріння свердловини відхилення центру свердловини від проектного положення, фактичний нахил осі свердловини до вертикалі (тангенс кута нахилу) визначаються вимірами за знаками, що закріплюють вісь свердловини до обсадної труби. Фактичне положення палі в плані і по вертикалі зазначається на виконавчій схемі.

Заповнення свердловин після вирівнювання геометричного положення будівлі.

Укладання зворотної засипки свердловин планується проводити через бетонолітні труби методом подачі піщаної суміші через бетонолітну трубу без заглиблення дна в разі сухого колодязя.

Технологічна схема подачі піщаної суміші в свердловину передбачена безпосередньо з лотка автобетонозмішувача в приймальний бункер. У цьому варіанті використовується наступний набір обладнання:

- комплект сталевих бетонолітних труб  $\varnothing 219-350$  мм в залежності від глибини свердловини);
- клапан для закриття нижнього кінця бетоно-літної труби (гумовий «м'яч»);
- приймальний бункер.

У даній технологічній схемі показана технологічна схема подачі піщаної суміші в свердловину:

- нижня ділянка бетоно-літної труби опускається і фіксується стопорною вилкою на верхній частині обсадної труби.
- наступні ділянки бетоно-літної труби стикуються за допомогою ущільнювальної гумової прокладки.
- верх бетоно-літної труби, зібраної і встановленої в свердловині, повинен знаходитися на  $\sim 1$  м вище рівня місця буріння, дно бетоно-літної труби вище забою не повинно бути більше 20 см.

- воронка з'єднується з верхнім фланцем бетоно-литної труби.

– воронка сталевий бетоно-литної труби стропується до допоміжної лебідки для підйому бетоно-литної труби в процесі заповнення свердловини.

Готовність до заповнення перевіряє бригадир або змінний бригадир.

4.4.5 Контроль якості операцій при вирівнювання геометричного положення будівлі з використанням свердловин з розширенням.

Контроль якості будівельно-монтажних робіт проводиться відповідно до ДБН В.2.3-14:2006 "Мости і труби"

Будівельні конструкції і матеріали, що надходять на будівельний майданчик, повинні проходити вхідну перевірку, в ході якої необхідно перевірити їх відповідність стандартам, технічним умовам, паспортам та іншим документам, що підтверджують якість і вимоги ПД, а також дотримання вимог розвантаження і зберігання.

Вхідний контроль покладається на лінійного майстра (бригадира), який веде журнал вхідного огляду матеріалів і конструкцій.

Оперативний контроль повинен проводитися під час і після завершення кожної з виробничих операцій і забезпечувати своєчасне виявлення дефектів і їх причин, прийняття заходів щодо їх усунення та запобігання, а також підвищення персональної відповідальності виконавців за виконувану ними роботу.

Під час оперативного контролю повинні бути перевірені:

– дотримання технології будівельних процесів, зазначеної в планах виконання робіт і технологічних картах;

– відповідність виконаних робіт вимогам ПД, будівельних норм, ППР і технологічної карти.

Оперативний контроль виконує бригадир на зміні. Експлуатаційним контролем займається будівельна лабораторія і геодезична служба будівельної організації.

Оперативний контроль якості проводиться за картою оперативного контролю якості при будівництві буронабивних паль з використанням високопродуктивних бурових установок.

Основні технологічні операції, що підлягають будівельному контролю:

- буріння свердловини;
- влаштування розширення;
- зворотна засипка свердловин.

Особлива увага повинна бути приділена:

1. Буріння свердловини:

- ретельний контроль глибини занурення шнека в останні метри буріння;
- очищати дно колодязя тільки за допомогою бура-відра (бажано використовувати відра-бура з плоскою кришкою).

4.4.6 Інструкція з організації роботи.

Порядок ведення виконавчої документації.

Розкладка осей свердловин переноситься згідно з актом передачі геодезичної розкладки осей.

Склад виконавчої документації на буріння свердловин:

- загальний журнал виконання робіт;
- журнал буріння свердловин;
- акт обстеження прихованих робіт з приймання пробуреної свердловини;
- побудована схема.

Виконавча документація на обстеження в процесі вирівнювання геометричного положення:

- акт обстеження відповідальних конструкцій;
- зведений перелік пробурених свердловин;
- зведений перелік розширень свердловин;
- акт геодезичного нівелювання.

## 4.4.7 Техніко-економічні показники

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення показника	
		Нормативне	Проектне
1. Загальні витрати праці	Люд.-зм	49,74	49
2. Витрати праці на одиницю продукції	Люд.-год /м <sup>3</sup>	34	30
3. Виробіток одного робітника в зміну	м <sup>3</sup> /люд.-зм	0,37	0,45
4. Тривалість робіт	дні	20	

## Висновки

В технічному розділі розглянуто вирівнювання геометричного положення будівлі «Офісно–комерційого центру в м. Харків», яка отримала наднормативні деформації в процесі експлуатації в результаті замочування основи при пошкодженні теплотраси.

Розглянуто архітектурно-будівельні рішення і розроблено технологічну карту на вирівнювання геометричного положення з використанням запропонованої автором технології.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі виконуємо економічне порівняння визначення вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах.

Для порівняння розглядаємо два варіанти.

1 варіант - бурові свердловини діаметром 0,4м, довжиною 15 м в кількості 46 шт.

2 варіант (пропонований автором) - бурові свердловини діаметром 0,2м, з розширенням 0,6 м, довжиною 6,5 м в кількості 46 шт.

Підраховані об'єми робіт по виконанню цих варіантів зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Об'єми виконання робіт

№ п/п	Види робіт	Одиниці вимірюв.	Об'єми робіт	
			1 варіант	2 варіант
1	– підготовка будівельного майданчика з твердим покриттям для розміщення бурової установки.	м <sup>2</sup>	200	200
2	– підготовка майданчика для зберігання бурового обладнання та інструменту (ковшових бурів, шнеків і т.д.).	м <sup>2</sup>	12	12
3	– розмітка осей (центрів) свердловин з перенесенням (прив'язкою) висотних відміток.	шт.	46	46
4	– встановлення марок та геометричне нівелювання будівлі.	шт.	12	12
5	– буріння свердловини буровою установкою по осі свердловини з послідовним нарощуванням шнеків на послідовних ділянках.	м <sup>3</sup>	86,7	9,384
		м.п.	690	299
6	– влаштування розширення.	м <sup>3</sup> /шт	-	2,3 / 46
7	– облаштування майданчика для тимчасового зберігання вийнятого зі свердловини ґрунту.	м <sup>2</sup>	80	10
8	– контроль геометричного положення будівлі (по маркам)	шт.	12	12
9	– зворотна засипка ґрунту в свердловини з ущільненням.	м <sup>3</sup>	31,2	7,82
10	– відновлення дорожнього покриття.	м <sup>2</sup>	66	66

Для визначення кошторисної вартості розробляємо локальні кошториси за допомогою програмного комплексу Будівельні технології (табл.5.2, табл.5.3).

Вони розроблялися на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи; кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

## Офісно-комерційного центру в місті Харків

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 1

на **Варіант 1**

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:  
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	222.574 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0.88270 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	72.560 тис. грн.
Середній розряд робіт	4.1 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітно і плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітно і плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КР1-7-4	підготовка будівельного майданчика з твердим покриттям для розміщення бурової установки	1000 м2 спланова ної площі	0.2	12891.27	-	2578	2578	-	195.5000	39.10
					12891.27	-			-		-
2	КР1-7-4	підготовка майданчика для зберігання бурового обладнання та інструменту (ковшових бурів, шнеків і т.д.).	1000 м2 спланова ної площі	0.012	12891.27	-	155	155	-	195.5000	2.35
					12891.27	-			-		-
3	КР18-56-1	розмітка осей (центрів) свердловин з перенесенням (прив'язкою) висотних відміток	1 км лінії	0.00046	20281.67	-	9	8	-	205.3518	0.09
					16413.57	-			-		-
4	КБ4-31-1	буріння свердловини буровою установкою по осі буріння свердловини з послідовним нарощуванням шнеків на послідовних ділянках	100 м буріння свердлов ини	6.9	26294.25	21655.15	181430	32010	149420	58.7600	405.44
					4639.10	3440.10			23737	40.7449	281.14
5	КР1-7-4	облаштування майданчика для тимчасового зберігання вийнятого зі свердловини ґрунту	1000 м2 спланова ної площі	0.08	12891.27	-	1031	1031	-	195.5000	15.64
					12891.27	-			-		-
6	КБ1-166-1	зворотна засипка ґрунту в свердловини з ущільненням	100м3 ґрунту	0.312	8699.02	-	2714	2714	-	150.4500	46.94
					8699.02	-			-		-

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	КР18-42-1	Улаштування покриття товщиною 4 см з гарячих асфальтобетонних крупнозернистих сумішей вручну з ущільненням ручним котком	100 м2 покриття	0.66	1932.04	-	1275	407	-	9.1100	6.01
					616.47	-			-		
		<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>					189192	38903	149420		515.57
									23737		281.14
		Разом прямі витрати				грн.	189192				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	869				
		вартість ЕММ				грн.	149420				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		23737			
		заробітна плата робітників				грн.		38903			
		всього заробітна плата				грн.		62640			
		Загальновиробничі витрати				грн.	33382				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					85.99
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		9920			

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	222574				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					882.70
		Кошторисна заробітна плата				грн.		72560			

Керівник  
проектної  
організації

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

## Офісно-комерційного центру в місті Харків

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 5.3 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-001-005

на

Варіант 2

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

98.574 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

0.39793 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

32.621 тис. грн.

Середній розряд робіт

4.1 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітно ї плати	експлуа- тації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітно ї плати	в тому числі заробітн ої плати
					6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

## Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КР1-7-4	підготовка будівельного майданчика з твердим покриттям для розміщення бурової установки	1000 м2 спланованої площі	0.2	12891.27	-	2578	2578	-	195.5000	39.10
					12891.27	-			-		-
2	КР1-7-4	підготовка майданчика для зберігання бурового обладнання та інструменту (ковшових бурів, шнеків і т.д.).	1000 м2 спланованої площі	0.012	12891.27	-	155	155	-	195.5000	2.35
					12891.27	-			-		-
3	КР18-56-1	розмітка осей (центрів) свердловин з перенесенням (прив'язкою) висотних відміток	1 км лінії	0.00046	20281.67	-	9	8	-	205.3518	0.09
					16413.57	-			-		-
4	КБ4-31-1	буріння свердловини буровою установкою по осі буріння свердловини з послідовним нарощуванням шнеків на послідовних ділянках	100 м буріння свердловини	2.99	26294.25	21655.15	78620	13871	64749	58.7600	175.69
					4639.10	3440.10			10286		40.7449
5	КБ1-31-1	влаштування розширення	1000м3 ґрунту	0.0023	41110.76	40793.10	95	1	94	5.2900	0.01
					317.66	7916.34			18		89.8518
6	КР1-7-4	облаштування майданчика для тимчасового зберігання вийнятого зі свердловини ґрунту	1000 м2 спланованої площі	0.01	12891.27	-	129	129	-	195.5000	1.96
					12891.27	-			-		-
7	КБ1-166-1	зворотна засипка ґрунту в свердловини з ущільненням	100м3 ґрунту	0.0782	8699.02	-	680	680	-	150.4500	11.77
					8699.02	-			-		-

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	КР18-42-1	Улаштування покриття товщиною 4 см з гарячих асфальтобетонних крупнозернистих сумішей вручну з ущільненням ручним котком	100 м2 покриття	0.66	1932.04	-	1275	407	-	9.1100	6.01
					616.47	-			-		
		<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>					83541	17829	64843		236.98
									10304		122.04
		Разом прямі витрати				грн.	83541				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	869				
		вартість ЕММ				грн.	64843				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		10304			
		заробітна плата робітників				грн.		17829			
		всього заробітна плата				грн.		28133			
		Загальновиробничі витрати				грн.	15033				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					38.91
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		4488			

Будівельні Технології: Кошторис 8.4 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		<b>Всього по кошторису</b>					грн.	98574				
		Кошторисна трудомісткість					люд-г					397.93
		Кошторисна заробітна плата					грн.		32621			

Керівник  
проектної  
організації

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

\_\_\_\_\_

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Для виконання порівняння зводимо усі підраховані показники в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 - Порівняння варіантів

Показники	Варіант 1	Варіант 2
Прямі витрати, тис. грн.	189,192	1,918
Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год.	0,8827	0,397
Кошторисна заробітна плата, грн.	72,560	32,621
Усього за кошторисом, тис. грн.	222,574	98,574

#### Висновки

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння різних варіантів вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах.

Для двох варіантів розроблені локальний кошторис за допомогою програмного комплексу Будівельні технології. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю.

Порівнюючи кожний варіант із таблиць 5,4 ми бачимо, що найбільш економічним є 2 варіант - бурові свердловини діаметром 0,2м, з розширенням 0,6 м, довжиною 6,5 м в кількості 46 шт., варіант розроблений в магістерській роботі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу причин нерівномірних осідань фундаментів споруд, які призводять до зміни геометричного положення, а також відомих технологій їх вирівнювання виявлено, що існуючі способи виконання робіт не забезпечують достатню керованість та безпеку розглянутих процесів.

2. Дослідженнями закономірностей технологічного процесу вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах дозволили встановити, що:

- при виконанні вертикального буріння свердловин зменшення нахилу будівлі та швидкість цього процесу залежить від довжини вертикальних свердловин, ця залежність має криволінійний характер;
- аналізуючи отримані дані, можна дійти висновку, що при появі значних зон зсувів ґрунту відбувається процес переміщення ґрунту основи у вибурені свердловини, що призводить до ослаблення основи з найменш осівшої сторони фундаменту і надалі призводить до осідання цієї сторони, тобто до зниження нерівномірності осадки;
- поява значних зон зсувів ґрунтового масиву наставала, коли довжина свердловини у ґрунті досягала  $1,5b - 2b$ ;
- буріння горизонтальних свердловин для ліквідації крену фундаментів можна використати для суцільних плитних фундаментів споруд баштового типу.

3. На основі отриманих закономірностей удосконалено технологію вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах.

Вони полягають у наступному - для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі:

- а) влаштовують сухим методом вертикальні свердловини з розширенням різних діаметрів в нижній частині по зовнішньому краю фундаменту будівлі на глибину 30 - 40 см нижче підшви фундаменту зі сторони протилежної

нахилу, при цьому виймають частину ґрунту основи з під подошви фундаменту;

б) влаштовують вертикальні свердловини по зовнішньому краю фундаменту будівлі на глибину 30 - 40 см нижче подошви фундаменту зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі, при цьому виймають частину ґрунту основи з під подошви фундаменту, за допомогою механічного пристосування руйнують проміжки між свердловинами збільшуючи об'єм ослабленого ґрунту основи;

в) розрізають несучі конструкції будівель і з допомогою домкратів вирівнюють геометричне положення

4. Економічним порівнянням двох можливих варіантів вирівнювання геометричного положення (вирівнювання з використанням вертикальних свердловин та за розробленою технологією з розширенням) за декількома показниками підтверджена ефективність вирівнювання будівель розробленою технологією у розмірі 124 тис. грн., яка істотно відрізняється своєю простотою та меншими витратами ресурсів..

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Abelev, M.Y., Averin, I. V., Karally, D.L. Problems of Engineering Investigations on Territories with Gas-Generating Soil. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2020. 57(3). Pp. 252–255.
2. Brandl, H. Die Anwendung von Wurzelpfählen im städtischen Verkehrstunnelbau (Root piles for urban tunnelling) / H. Brandl // *Austrian Road Society*, Volume 54. – 1970.
3. Brylla H., Niemiec T., Zotov V. Bericht uber die Horizontierung lines Hochhauses in Kotowice/Polen/DMW Mazksceidewesenl 11.-2004.-№ 1.-p.10- 15.
4. Burland, J.B., Jamiolkowski, M., Viggiani, C. The stabilisation of the leaning Tower of Pisa. *Soils and Foundations*. 2003. 43(5). Pp. 63–80.
5. Burland, J.B., Jamiolkowski, M.B., Viggiani, C. Underexcavating the tower of pisa: Back to future. *Geotechnical Engineering*. 2015. 46(4). Pp. 126–135.
6. Cao, L. F., Teh, C. I. & Chang, M. F. (2001). Undrained cavity expansion in modified Cam clay I: theoretical analysis. *Geotechnique* 51, No. 4, 323–334.
7. Chen, Y. juan, Zhang, X. Analytical Plastic Solution Around SoilDigging Holes for Inclined Building and its Application. *International Journal of Civil Engineering*. 2019. 17(2). Pp. 245–252. DOI:10.1007/s40999-017-0230-7.
8. Fioravante, V., Giretti, D., Jamiolkowski, M. Liquefaction resistance of partially saturated soils from cpts. *Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions- Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, 2019. 2019. Pp. 2404–2411.
9. Ibragimov, M.N. Settlement stabilization of a reconstructed building. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2011. 47(6). Pp. 236–240.
10. Lee, T.-H. An experimental study for reinforcing the ground underneath a footing using micropiles. J.-C. Im, C. Kim, M. Seo. *Geotechnical Testing Journal*. Volume 41, Issue 4, 2018. Pp. 648-663.

11. Li, L., Hagan, P.C., Saydam, S., Hebblewhite, B., Zhang, C. A Laboratory Study of Shear Behaviour of Rockbolts Under Dynamic Loading Based on the Drop Test Using a Double Shear System. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2019. 52(9). Pp. 3413–3429.
12. Marsden J.E., Hughes T.J.R. *Mathematical foundations of elasticity*. – Dover. 1994. – 556 p.
13. Meleki H. Differential Movements in a Timber Multi-Storey Hybrid / H. Meleki, A.Asiz, I. Smith, S. GAGNON, M. Mohammad // *Building The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction Procedia Engineering*. – 2011. – №14. – P. 1613-1620
14. Niederbrucker R., Wu W., Pasquetto A. Flat Dilatometer Tests for verification of Uretex' s Resin-Injektions // *Semant. Sch. (Электронный Ресурс)*. 2015.
15. Omidvar, M. Stress-strain behavior of sand at high strain rates / Mehdi Omidvar, Magued Iskander, Stephan Bless. // *International Journal of Impact Engineering*. – 2012. – №49. – P. 192-213.
16. Ovando-Shelley, E., Santoyo, E. Underexcavation for Leveling Buildings in Mexico City: Case of the Metropolitan Cathedral and the Sagrario Church. *Journal of Architectural Engineering*. 2001. 7(3). Pp. 61–70.
17. Ovando-Shelley, E., Santoyo-Villa, E., Hernández, J. Mexico Citys Metropolitan Cathedral and Sagrario Church 13 Years after Underexcavation and Soil Hardening. *International Journal of Architectural Heritage*. 2016. 10(2–3). Pp. 346–359.
18. Pronozin, Y.A., Epifantseva, L.R., Kajgorodov, M.D. Structural safety of buildings in excess values of differential settlements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 481(1).

19. Sabri, M., Bugrov, A., Panov, S., Davidenko, V. Ground improvement using an expandable polyurethane resin (2018), MATEC Web of Conferences, 245, art. no. 01004.
20. Sabri, M.M., Shashkin, K.G., Zakharin, E. Ulybin, A.V. “Soil stabilization and foundation restoration using an expandable polyurethane resin”, Magazine of Civil Engineering. – 2018. 82 (6). Pp. 68–80.
21. Sert, S., Kılıç, A.N. Numerical investigation of different superstructure loading type effects in mat foundations. International Journal of Civil Engineering. 2016. 14(3). Pp. 171–180.
22. Simón, A. Will evolutionary psychology become extinct? Evolutionary psychology as the Leaning Tower of Pisa. Journal of Human Behavior in the Social Environment. 2018. 28(7). Pp. 928–935.
23. Sorochan, E.A., Zotov, M. V. Interaction between foundation and soil bed when buildings are leveled with jacks. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2004. 41(3). Pp. 89–93.
24. Sun JP, Wei HW, Xu XD (2008) The practice and theoretical study of digging-out-soil correction. J Shandong Jianzhu Univ 23(2):174–177.
25. Wang, X., Zhang, X., Shi, S., Liu, L. The application research of comprehensive landing method during the rectification for the brick-concrete buildings in soft soil area. World Journal of Engineering. 2015. 12(4). Pp. 375–382.
26. Yue, Q., Zhang, X. Experimental Study on the Stress Distribution and Failure Mode of the Holes for Underexcavation in Building Rectification. 2020. Pp. 269–278.
27. Yune, C.Y., Olgun, C.G. Analysis of consolidation settlement of normally consolidated soil by layering under 3D conditions. KSCE Journal of Civil Engineering. 2016. 20(6). Pp. 2280–2288.

28. J. Burland, M. Jamiolkowski and C. Viggiani, "Leaning Tower of Pisa: Behaviour after Stabilization Operations," *International Journal of Geoengineering Case Histories*, vol. 1, Issue 3, pp.156-169, 2009.
29. A. Puzrin, E. Alonso and N. Pinyol, "Geomachanics of Failures", Dordrecht Heidelberg London New York: Springer, 2010.
30. K. Gromysz and T. Niemieć, "Selected problems of rectification of building objects with plumb-line deflection," in *Bezpieczeństwo i Ochrona Obiektów Budowlanych na Terenach Górniczych*, Ustroń Zawodzie, 2010.
31. M. Kawulok, "Assessment of serviceability parameters of buildings with regards to the mining influence," Warszawa: *Prace Naukowe Instytutu Techniki Budowlanej*, 2000.
32. I. Bryt-Nitarska, "Examples of adaptation of building structures to revert their excessive inclination," *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 8 (252), pp. 10-17, 2013.
33. J. B. Burland, "A Tale of Two Towers: Big Ben and Pisa," *Royal Academy of Engineering*, 2002.
34. M. Jamiolkowski, "The final stabilization of the Leaning-Tower of Pisa," *Inżynieria i Budownictwo* R. 60, nr 6, pp. 300-302, 2004.
35. A. Smart, "Solving the 800 year mystery of Pisa's Leaning Tower," 2010. [Online]. Available: <http://www.telegraph.co.uk/culture/art/architecture/7907298/Solving-the-800-year-mystery-of-Pisas-Leaning-Tower.html>.
36. E. Ovando-Shelley and E. Santoyo, "Underexcavation for levelling buildings in Mexico City: Case of the Metropolitan Cathedral and the Sagrario Church," *Journal of Architectural Engineering*, pp. 7:61-70, 2001.
37. E. Ovando-Shelley, M. Oliveira, E. Santoyo and V. Hernandez, "Mexico City: Geotechnical Concerns in the Preservation of Monuments," *International Journal of Architectural Heritage*, pp. 60-82, 2008.

38. J. Burland, M. Jamiolkowski and C. Viggiani, "Stabilising the leaning tower of Pisa," *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, pp. 57: 91-99, 1998.
39. D. Abruzzese, L. Miccoli and J. Yuan, "Mechanical behavior of leaning masonry Huzhu Pagoda," *Journal of Cultural Heritage*, pp. 10: 480-486, 2009.
40. O. Ingles, "Impressions of a civil engineer in China," *The Australian Journal of Chinese Affairs*, pp. 7: 141-150, 1982.
41. "weburbanist.com," 20th March 2017. [Online]. Available: <http://weburbanist.com/2011/11/18/13-tilted-architectural-wonders-of-the-world/>.
42. B. Rossiński, "Failures in geotechnical engineering," Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne, 1978. 10 WMCAUS IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245 (2017) 022052 doi:10.1088/1757-899X/245/2/022052 1234567890
43. J. Pieczyrak, Z. Adamczyk, T. Blejarski, M. Kowalska and A. Nowak, "Geotechnical opinion of filter foundation stability for Saint Gobain Glass Polska Sp. z o.o.," (unpublished report), Gliwice, 2015.
44. M. Marchi, "Stability and strength analysis of leaning towers," thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Padova, Padova, 2008.
45. "suurhusen-marienwehr.reformiert.de," 26th March 2017. [Online]. Available: <http://suurhusen-marienwehr.reformiert.de>.
46. "culturenorthernireland.org," 8th March 2017. [Online]. Available: <http://www.culturenorthernireland.org/features/heritage/time-leans-no-man>.
47. F. Terracina, "Foundations of the Leaning Tower of Pisa," *Géotechnique*, pp. Vol. 12, 4, pp. 336-339, 1962.
48. K. Gromysz, "About rectification methods of vertically deflected buildings," *Inżynieria i Budownictwo* 6/2006, pp. 302-307, 2006.

49. K. Sternik and K. Gromysz, "Underpinning as a way for stabilization of a deflected building," in *Awarie budowlane 2013*, 2013.
50. K. Gromysz, "Rectification an 11-storey Vertically Deflected Residential Building," in *11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2013, Procedia Engineering*, vol. 57, pp. 382 – 391, 2013.
51. K. Gromysz, A. Kowalski, W. Mika and T. Niemiec, "Repair of historical wooden church located in the mining area," *Przegląd górniczy*, pp. 14-20, 2015.
52. I. Yilmaz and M. Marschalko, "A leaning historical monument formed by underground mining effect: An example from Czech Republic," *Engineering Geology* 133-134, pp. 43-48, 2012.
53. [thecrooked-house.co.uk](http://www.thecrooked-house.co.uk), 15th March 2017. [Online]. Available: <http://www.thecrookedhouse.co.uk/page8.htm>.
54. J. B. Burland, "The Leaning Tower of Pisa Revisited," in *Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, New York, 2004.
55. P. Kriwoszejew, W. Szokarew, I. Stepura and N. Klepikowa, "Experience at the liquidation of excessive buildings' inclination in Ukraine," *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Budownictwo z.97*, pp. 453-458, 2003.
56. W. Szokarew, N. Klepikowa and B. Pogorzelski, "On elimination of excessed tilt of building objects," *Inżynieria i Budownictwo nr 3/2005*, pp. 131-134, 2005.
57. J. Kwiatek, "Gravitation-drilling method of rectifying high-rise buildings on mining subsidence areas," *Ochrona Terenów Górniczych nr 67*, 1984.
58. G. Johnston and J. Burland, "Some Historic Examples of Underexcavation," in *Int. Conference on advances in geotechnical engineering: The Skempton conference*, London, UK, 2004.
59. R. Peck and F. Bryant, "The bearing capacity failure of the Transcona Elevator," *Géotechnique* 3 (5), pp. 201-208, 1953.

60. Z. Wiłun, „The outline of geotechnics,” Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1987.
61. C. Viggiani and N. Squeglia, "Electro-osmosis to stabilise the leaning Tower of Pisa," *Rivista Italiana Di Geotecnica* 1/2003, pp. 29-37, 2003.
62. K. Gromysz and T. Niemiec, "Eliminating of building deflection in case of framed and wall structures (in Polish)," in *Awarie budowlane 2007*, Szczecin-Międzyzdroje, 2007.
63. M. Kijanka, "Analysis of foundation settlement caused by elimination of wall structure building deflection (in Polish)," in *XVII Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa*, Gliwice, 2017.
64. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. [Чинний від 2015-06-24]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 68 с.
65. Різновид методу корекції підйому будівлі каркасної конструкції: Патент CN108708409A, МПК E02D 35/00, опубл. 26.10.2018 р.
66. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: Патент UA №65455, МПК E02D 35/00, опубл. 15.03.2004 р.
67. Спосіб корекції нахилу композитного фундаменту будівлі шляхом взяття ґрунту з шару основи і примусового нанесення на землю: Патент CN110565709B, МПК E02D 35/005, опубл. 23.06.2020 р.
68. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: Патент на корисну модель UA №1132167, МПК E02D 35/00, опубл. 11.02.2019 р., бюл. №3.
69. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Основи та фундаменти споруд. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. [Чинний від 2010-12-12]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 11 с.
70. Федорченко А.В., Попович М.М., «Технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах». Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів

Вінницького національного технічного університету (ВНТКП ВНТУ).  
Вінниця : ВНТУ, 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/23526/19617> (дата звернення: 25.05. 2025).

71. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Попович М. М. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи здобувачами спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія". Вінниця : ВНТУ, 2022. 55 с.

# ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ  
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 4,88 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

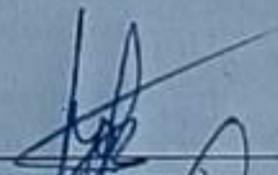
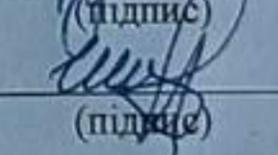
Експертна комісія:

Бікс Ю. С. доцент, гарант ОП

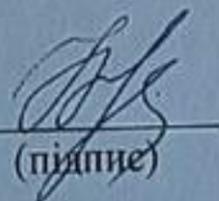
(прізвище, ініціали, посада)

Швець В. В. доцент, зав.каф. БМГА

(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)  
  
(підпис)

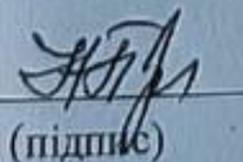
Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Блащук Н. В.  
(прізвище, ініціали)

Висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

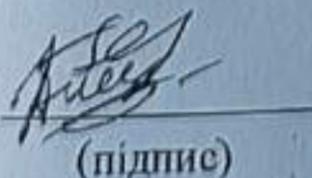
Керівник

  
(підпис)

Попович М.М., доц.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

  
(підпис)

Федорченко А. В.

(прізвище, ініціали)

**Додаток Б.**  
**Графічна частина**

Відомість графічної частини

№ Аркуша	Найменування	Примітки
1	Тема роботи	Плакат 1
2	Мета, задачі досліджень, об'єкт досліджень, предмет дослідження	Плакат 2
3	Найвідоміші в світі будівлі і споруди з нахилом	Плакат 3
4	Технічні рішення по Пізанській вежі	Плакат 4
5	Основні причини, що призводять до розвитку нерівномірного осідання будівель і споруд	Плакат 5
6	Результати розвитку нерівних осідань (кренів) та Методи вирівнювання геометричного положення будівель	Плакат 6
7	Проведення модельного експерименту	Плакат 7
8	Проведення модельного експерименту	Плакат 8
9	Другий етап досліджень	Плакат 9
10	Результати досліджень	Плакат 10
11	Третій етап дослідження	Плакат 11
12	Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд (заявка)	Плакат 12
13	Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд (заявка)	Плакат 13
14	Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель (заявка)	Плакат 14
15	Технічна частина	Плакат 15
16	Технічна частина	Плакат 16
17	Технічна частина	Плакат 17
18	Технічна частина	Плакат 18
19	Технічна частина – Технологічна карта	Плакат 19
20	Загальні висновки	Плакат 20



**Магістерська  
кваліфікаційна робота**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИРІВНЮВАННЯ  
ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ  
БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО  
ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ**

**Науковий керівник: к.т.н., доц. *Попович М. М.*  
ст. гр. Б-23мз *Федорченко А. В.***

## Мета магістерської кваліфікаційної роботи:

удосконалення технології регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкового закладання шляхом буріння ґрунту вертикальними, горизонтальними або низькопохилими свердловинами

## Задачі дослідження:

Задачі дослідження:

- проаналізувати методи, що дозволяють регулювати геометричне положення будівель і споруд;
- провести лабораторні дослідження для визначення ефективності методу регулювання геометричного положення на моделях фундаментів мілкового закладання;
- виявити найбільш значущі параметри буріння, що впливають на ефективність процесу ліквідації нерівномірних осідань і вирівнювання фундаментів;

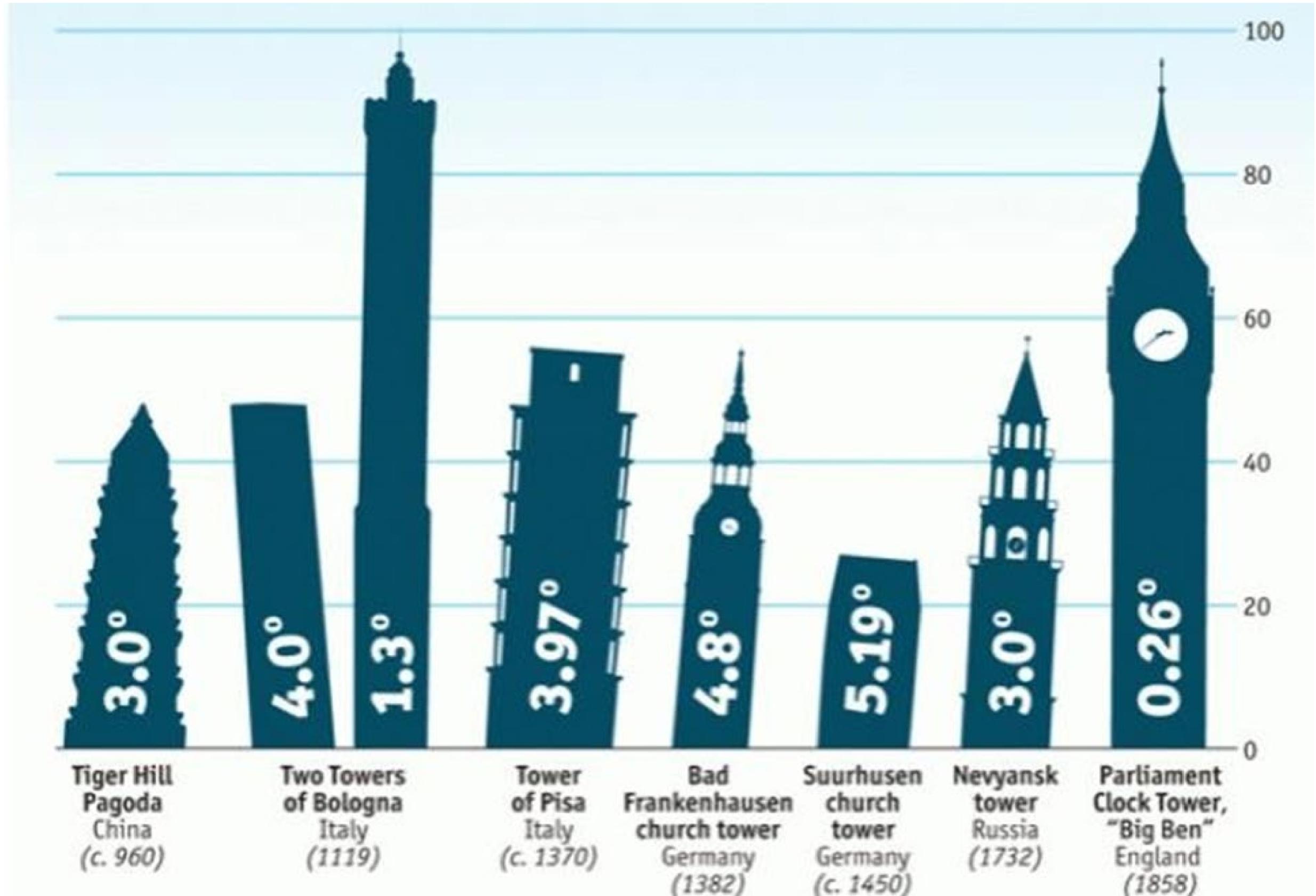
## Об'єкт дослідження:

технології вирівнювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах, розташованих на нерівномірно деформованих основах

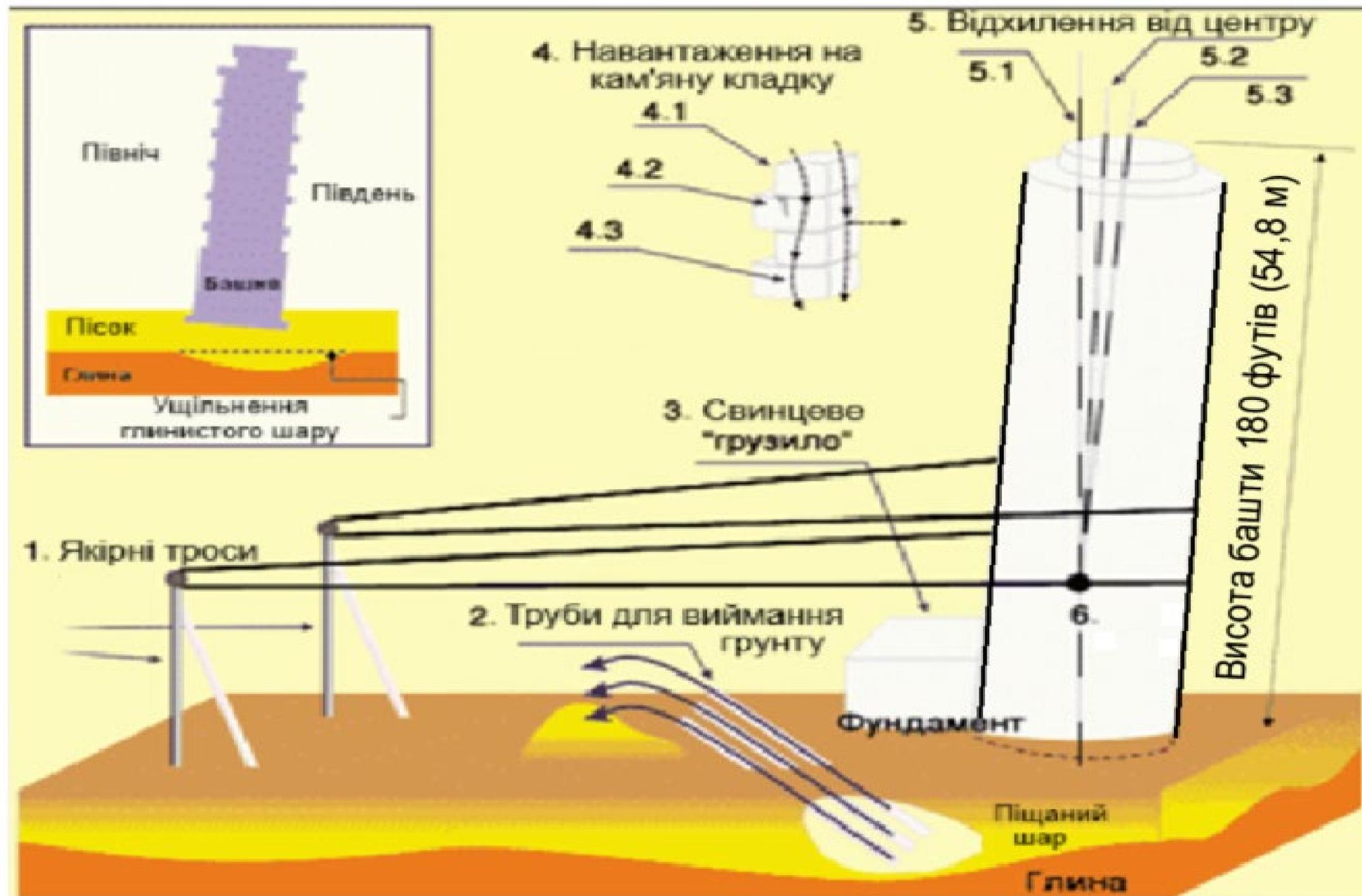
## Предмет дослідження:

технологічні параметри удосконаленого способу ліквідації нахилу споруд з метою контрольованого регулювання геометричного положення будівель і споруд на фундаментах мілкового закладання

# Найвідоміші в світі будівлі і споруди з нахилом



# Технічні рішення по Пізанській вежі



1 – Якірні троси; 2 – Труби для виймання ґрунту;

3 – Привантаження – свинцеве грузило;

4 – Зміщення центру ваги навантаженням від кам'яної кладки

5 – Відхилення 5.1 Вертикальне положення 5.2 Сьогодні (нахил п'яти приблизно на  $5^\circ$ )

5.3 До 1993 року (нахил п'яти приблизно на  $5,5^\circ$ ).

# Основні причини, що призводять до розвитку нерівномірного осідання будівель і споруд

1. **Неточності при виконанні комплексу інженерно-геологічних випробувань.** Цей вид похибки виникає при неякісному виконанні геологічних випробувань. В результаті можуть виникати помилки у визначенні характеристик і шаруватості ґрунтів фундаменту при проектуванні конструкції фундаменту. **Однак можливі помилки в проектних розрахунках і через людський фактор.**
2. Поширеною проблемою є **помилки на етапі робіт по влаштуванню фундаментів і підготовці основи**, а саме порушення технологічних послідовностей при влаштуванні фундаментів, відхилення від проектних рішень, використання матеріалів, що не відповідають нормативам.
3. Однією з причин утворення нерівномірних осідань можна назвати **техногенний фактор або порушення, пов'язані з експлуатацією будівлі**: прориви в колекторах і комунікаціях, зведення сусідніх будівель без урахування взаємного впливу, локальне замокання основи, що призводить до зміни характеристик ґрунту під окремими частинами фундаменту, що в подальшому призводить до нерівномірного осідання фундаменту. В процесі експлуатації керуючі компанії зазвичай не стежать регулярно за положенням поставленого завдання, тому проблеми виявляються на більш пізньому етапі, коли відхилення стають візуально помітними.

## Результати розвитку нерівних осідань (кренів)

- руйнування несучих і огороджувальних конструкцій;
- відхилення від норми або повне відключення водопостачання та водовідведення;
- порушення теплоізоляції та гідроізоляції внаслідок значних деформацій конструкцій, що виражаються в утворенні тріщин, відколів;
- зрив або повна зупинка роботи ліфтів;
- втрата історичної ідентичності через зміну рівня будівлі (характерна для історико-архітектурних пам'яток);

### Показники, що характеризують геометричне положення будівель і споруд

- відносна різниця в осіданні (висоті) основи двох фундаментів;
- крен фундаменту (конструкції)  $I$ ;
- відносний прогин або вигин,  $f / L$  ( $L$  - довжина унікально вигнутої ділянки конструкції);
- горизонтальне зміщення.

### Методи вирівнювання геометричного положення будівель

- примусове осідання вищих частин конструкції, наприклад, за допомогою видалення землі;
- підйом нижніх частин конструкції;
- одночасне опускання вищих частин об'єкта і піднімання нижніх.

## Дослідження роботи моделі фундаменту мілкового закладання при усуненні нерівномірної осадки методом вибурювання



В ґрунтовий лоток вкладався ґрунт - пісок мілкий, причому, використовували пісок в повітряно-сухому стані з вкладанням горизонтальними шарами, які відображали пофарбованим піском.

Випробування моделі фундаменту

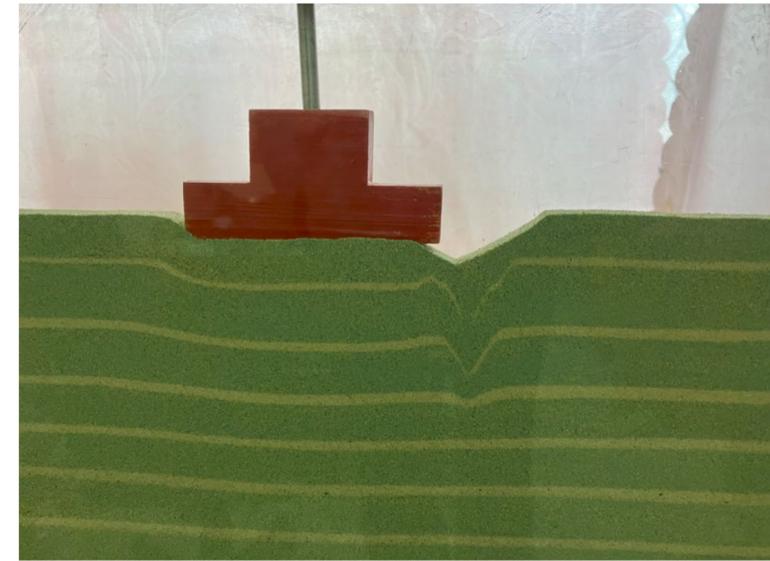
# Проведення модельного експерименту



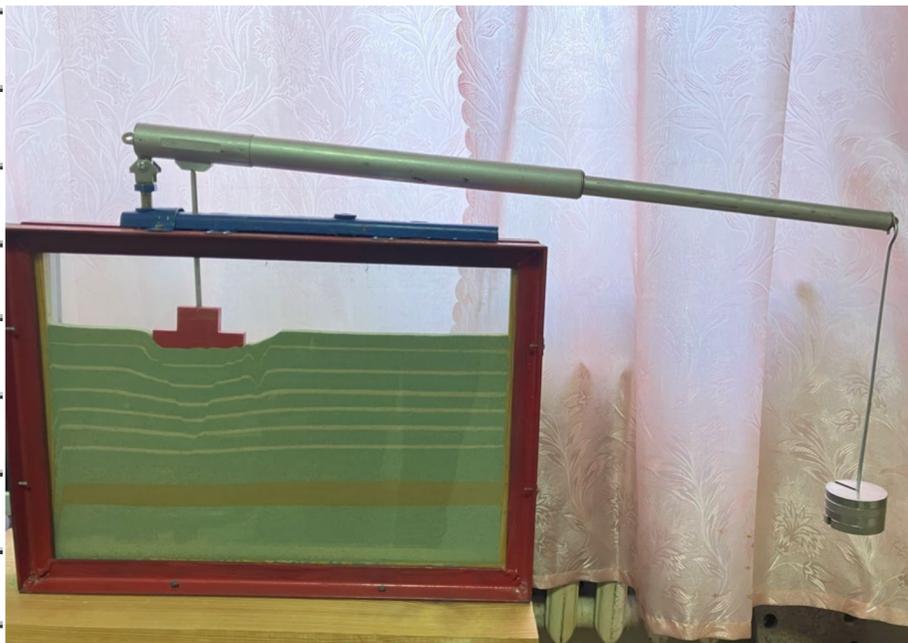
Випробування моделі  
фундамента



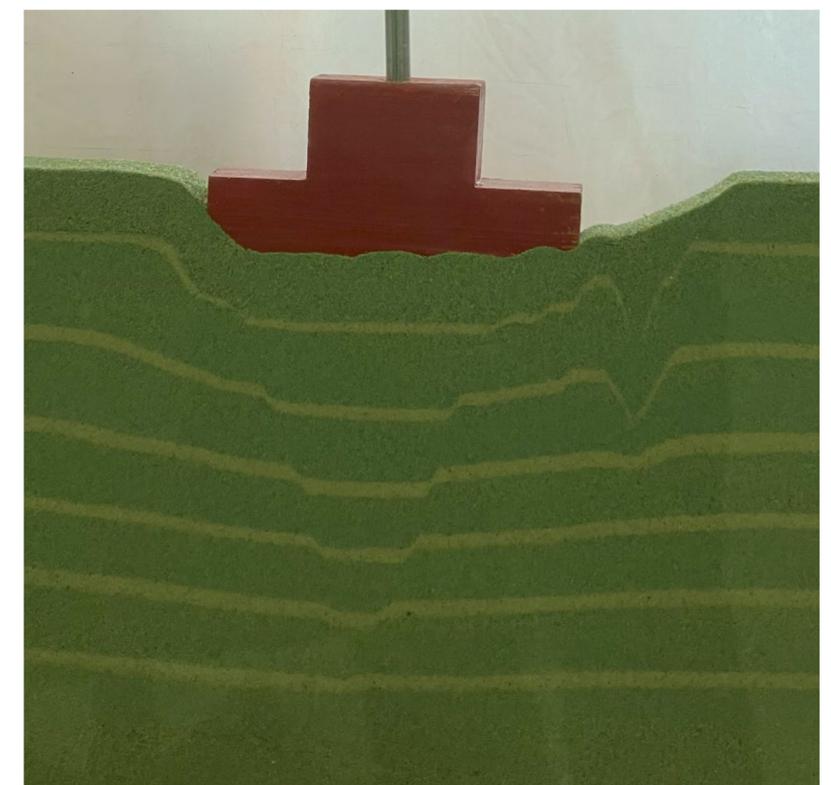
Влаштування свердловини  
по краю фундаменту



Деформації ґрунту після  
влаштування свердловини



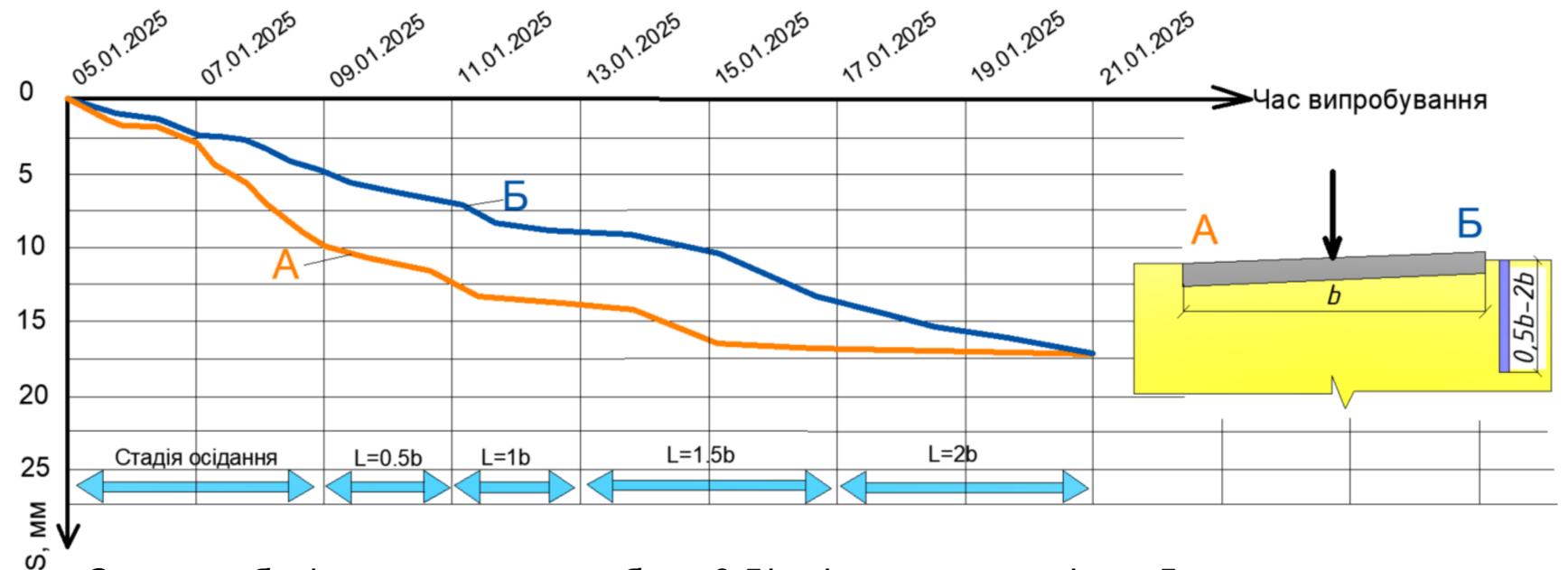
Випробування моделі  
фундамента після вилучення  
ґрунту з свердловини



Зони деформацій після  
вирівнювання геометричного  
положення фундаменту

# Другий етап досліджень





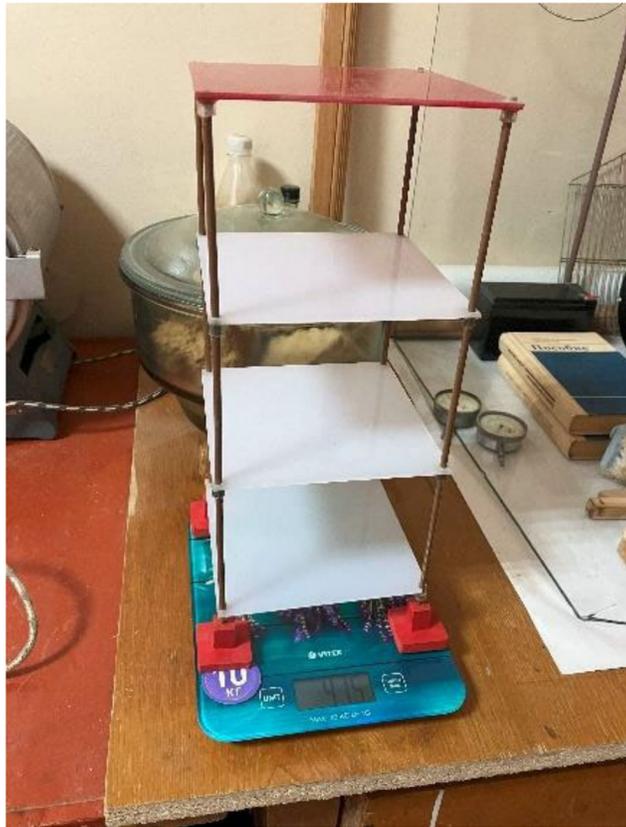
Спочатку буріння велося на глибину  $0,5b$ , після двох циклів по 5 свердловин у кожному, глибина була збільшена до  $1b$ , через відсутність прогресу зниження нерівномірності осідання, за результатами моніторингу за осіданням. Як можна бачити з графіка довжина свердловини рівна  $1b$  також не справила належного ефекту. На третій стадії глибина становила  $1,5b$ , при цій глибині став проявлятися необхідний ефект. Для повного вирівнювання моделі фундаменту глибина буріння була збільшена до  $2b$ . У результаті різниця осідань крайніх точок моделі фундаменту знизилася до  $\Delta s=0,2\text{мм}$

## Висновки

Аналізуючи отримані дані, можна дійти висновку, що при появі значних зон зсувів ґрунту відбувається процес переміщення ґрунту основи у вибурені свердловини, що призводить до ослаблення основи з найменш осівшої сторони фундаменту і надалі призводить до осідання цієї сторони, тобто до зниження нерівномірності осадки. Тому можна вважати, що поява зон зсувів ґрунту в основі фундаменту при вибурюванні свердловин пов'язана з ефективністю застосування методу, що підтверджується результатами моніторингу. Так поява значних зон зсувів ґрунтового масиву наставала, коли довжина свердловини у ґрунті досягала  $1,5b - 2b$

# Третій етап дослідження

11



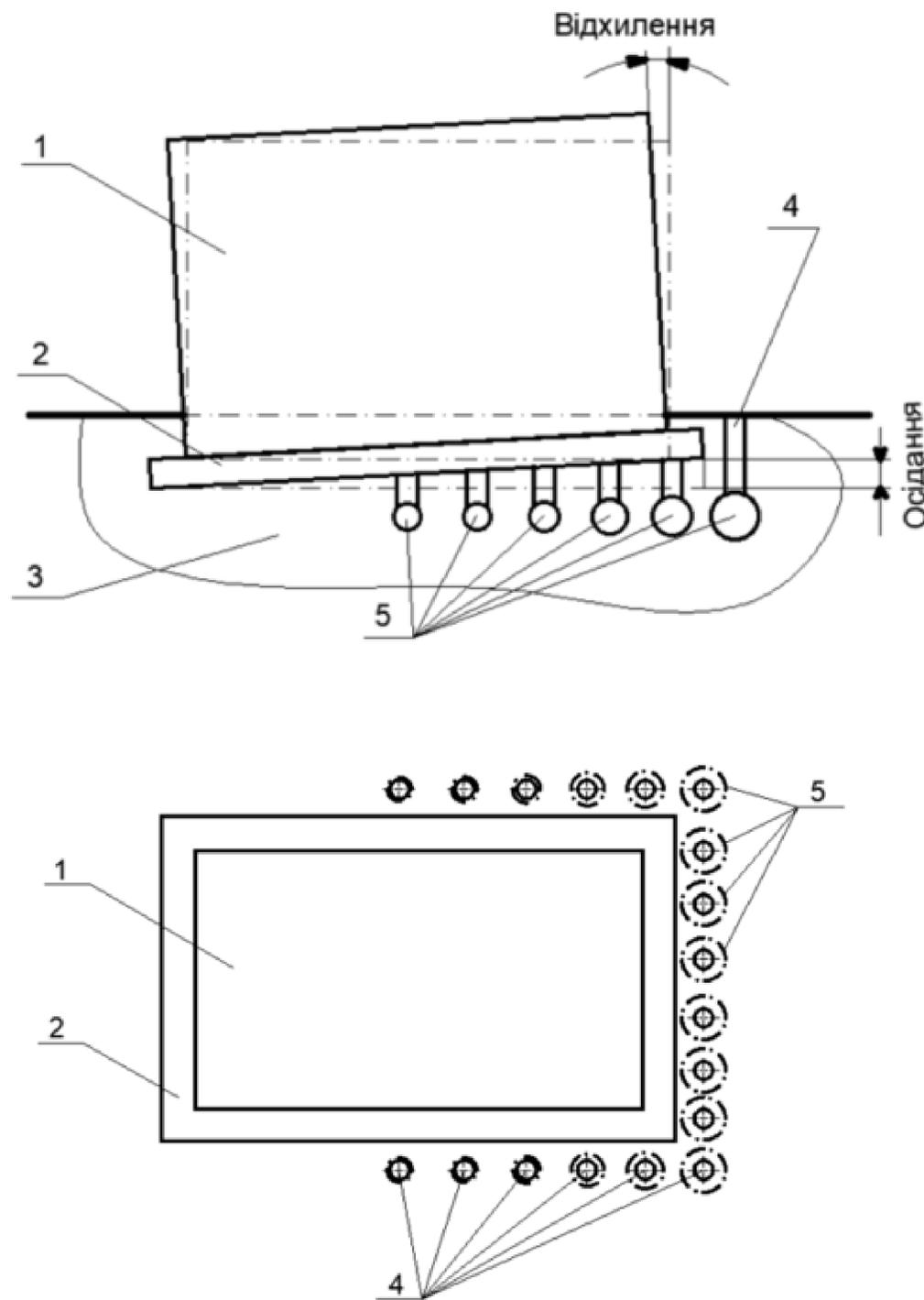
Модель каркасної будівлі



Спостереження за вирівнюванням геометричного положення нахиленої моделі каркасної будівлі потягом 4 діб показали можливість використання такого методу, але з уточненням кроку, діаметра, відстані між свердловинами та їх кількістю в залежності від міцнісних та деформаційних характеристик ґрунту.

Влаштування горизонтальних свердловин для вирівнювання

# 1. Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд (заявка)

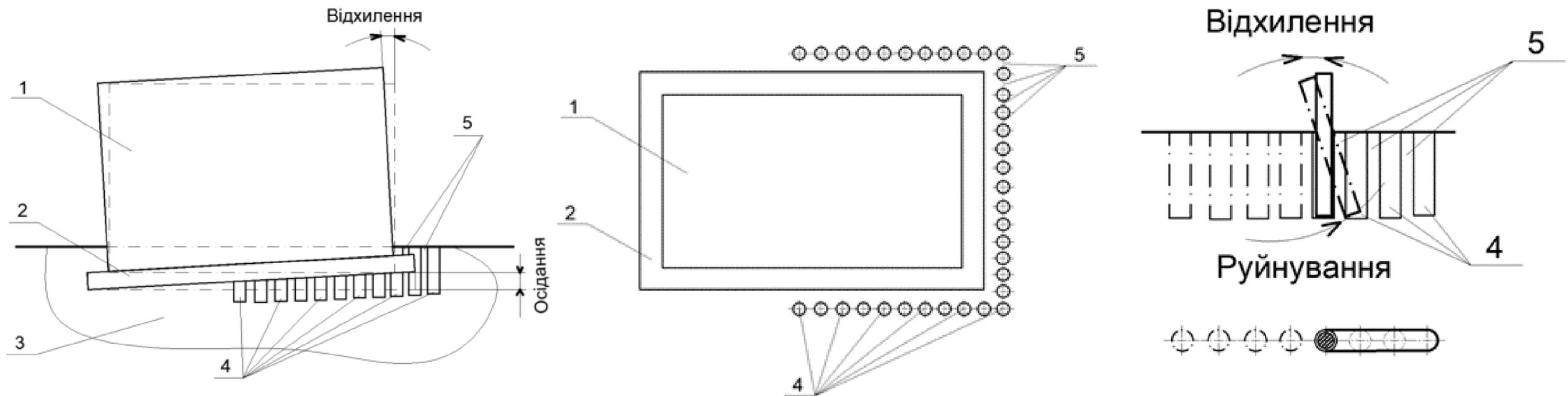


Для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі **1** влаштовують сухим методом вертикальні свердловини **4** з розширенням **5** різних діаметрів в нижній частині по зовнішньому краю фундаменту **2** будівлі **1** на глибину 30 - 40 см нижче подошви фундаменту зі сторони протилежної нахилу, при цьому виймають частину ґрунту основи **3** з під подошви фундаменту **2**. Більші діаметри розширення **5** свердловин **4** розташовують в зонах з меншим осіданням.

Після вирівнювання геометричного положення будівлі **1** проводять фіксацію положення шляхом подачі через свердловини **4** під подошву фундаменту **2** тверднучого розчину під тиском.

## 2. Спосіб вирівнювання геометричного положення будівель та споруд (заявка)

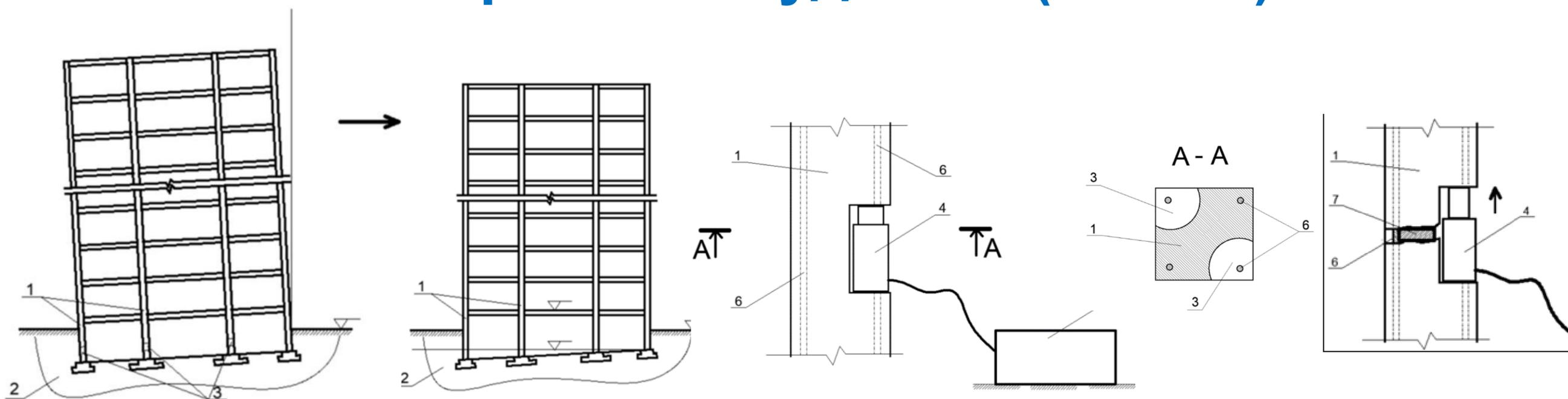
13



Для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі **1** влаштовують вертикальні свердловини **4** по зовнішньому краю фундаменту **2** будівлі **1** на глибину 30 - 40 см нижче підшви фундаменту зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі, при цьому виймають частину ґрунту основи **3** з під підшви фундаменту **2**, за допомогою механічного пристосування руйнують проміжки **5** між свердловинами **4** збільшуючи об'єм ослабленого ґрунту основи **3**.

Після вирівнювання геометричного положення будівлі **1** проводять фіксацію положення шляхом подачі через свердловини **4** під підшву фундаменту **2** тверднучого розчину під тиском.

# Спосіб вирівнювання геометричного положення каркасних будівель (заявка)



Зі сторони більшого осідання каркасної будівлі зміцнюють основу **2** під фундаментом колони **1** рами каркасу (рис. а), влаштовують технологічні ніші **3** в колоні **1** будівлі вирізаючи частину тіла колони **1** з протилежних кутів (рис. д) для встановлення домкратів **4**. Встановлюють домкрати **4** та систему для піднімання **5** (рис. в), подають тиск в домкрати **4**, до упору в технологічних нішах **3**, розрізають захисний шар і робочу арматуру колони **1**, залишаючи цілою центральну частину колони **1** (рис. д), яка разом з домкратами **4** сприймає вертикальне навантаження від ваги будівлі, подають додатковий тиск в домкрати **4** за допомогою системи для піднімання **5**, при цьому руйнується центральна частина колони **1** через низький опір бетону на розтяг, після вирівнювання положення (рис. б) в проміжок між опорною та піднятою частинами колони **1** встановлюють закладні деталі **7** (рис. в), заварюють арматурні випуски робочої арматури **6** та закладні деталі **7**, вилучають домкрати **4**, і проміжок між опорною та піднятою частинами колони **1** замоноличують бетоном.

ФАСАД в осях А - Д

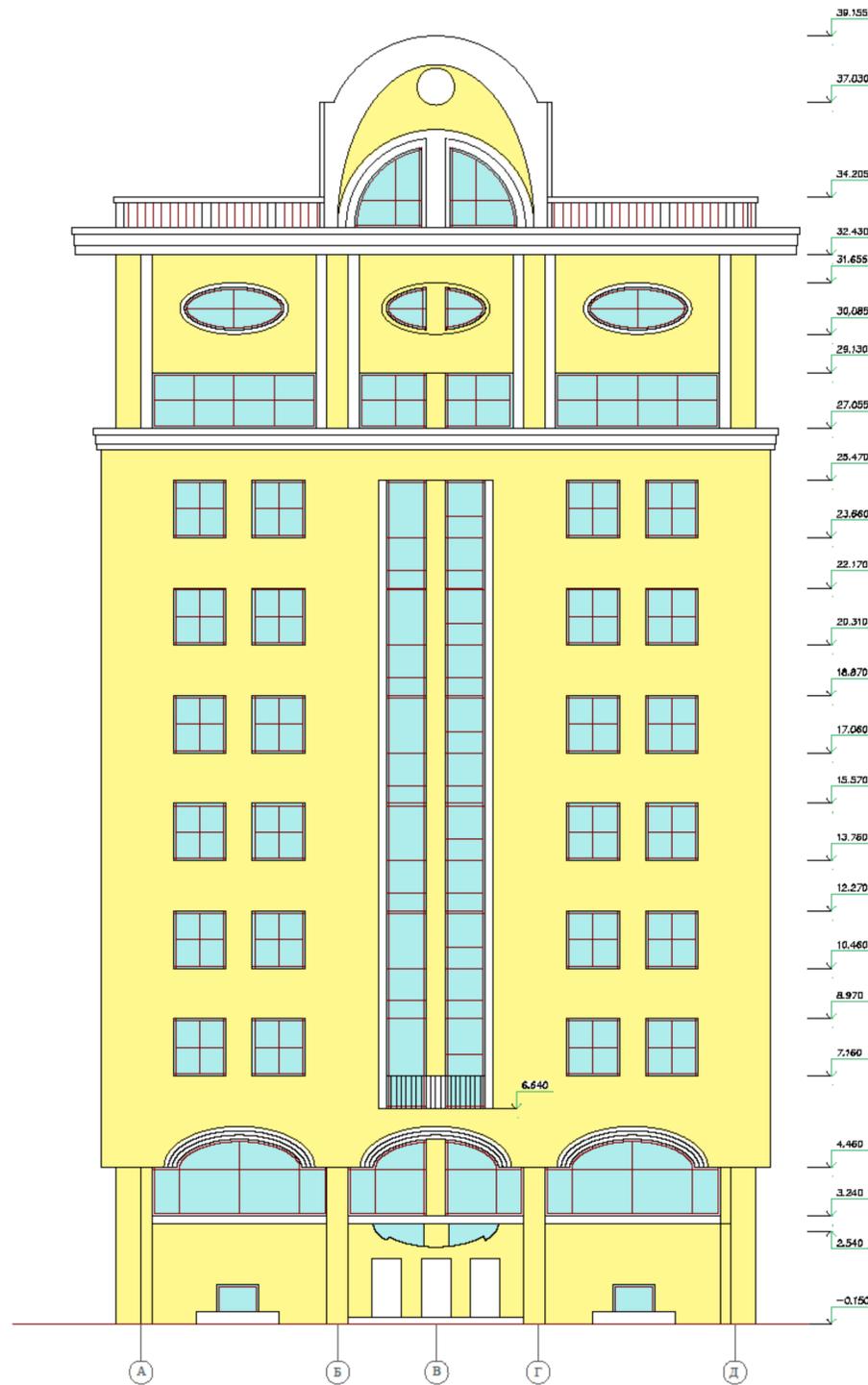


Схема генплана



## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Площа ділянки, га - 0.2057

Площа забудови, м<sup>2</sup> - 845

Кількість поверхів - 9

Будівельний об'єм, м<sup>3</sup> - 27440

в тому числі: - нижче відм. 0.000 - 2520

- вище відм. 0.000 - 24920

Загальна площа, м<sup>2</sup> (кафе/офіси) - 818 / 7850

Корисна площа, м<sup>2</sup> (кафе/офіси) - 684.92 / 6822,45

Кількість місць в кафе - 80

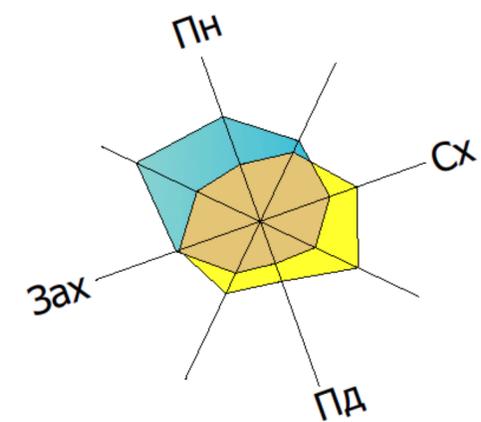
Кількість місць на автостоянці - 22

Ступінь вогнестійкості будівлі - I

Клас відповідальності - II

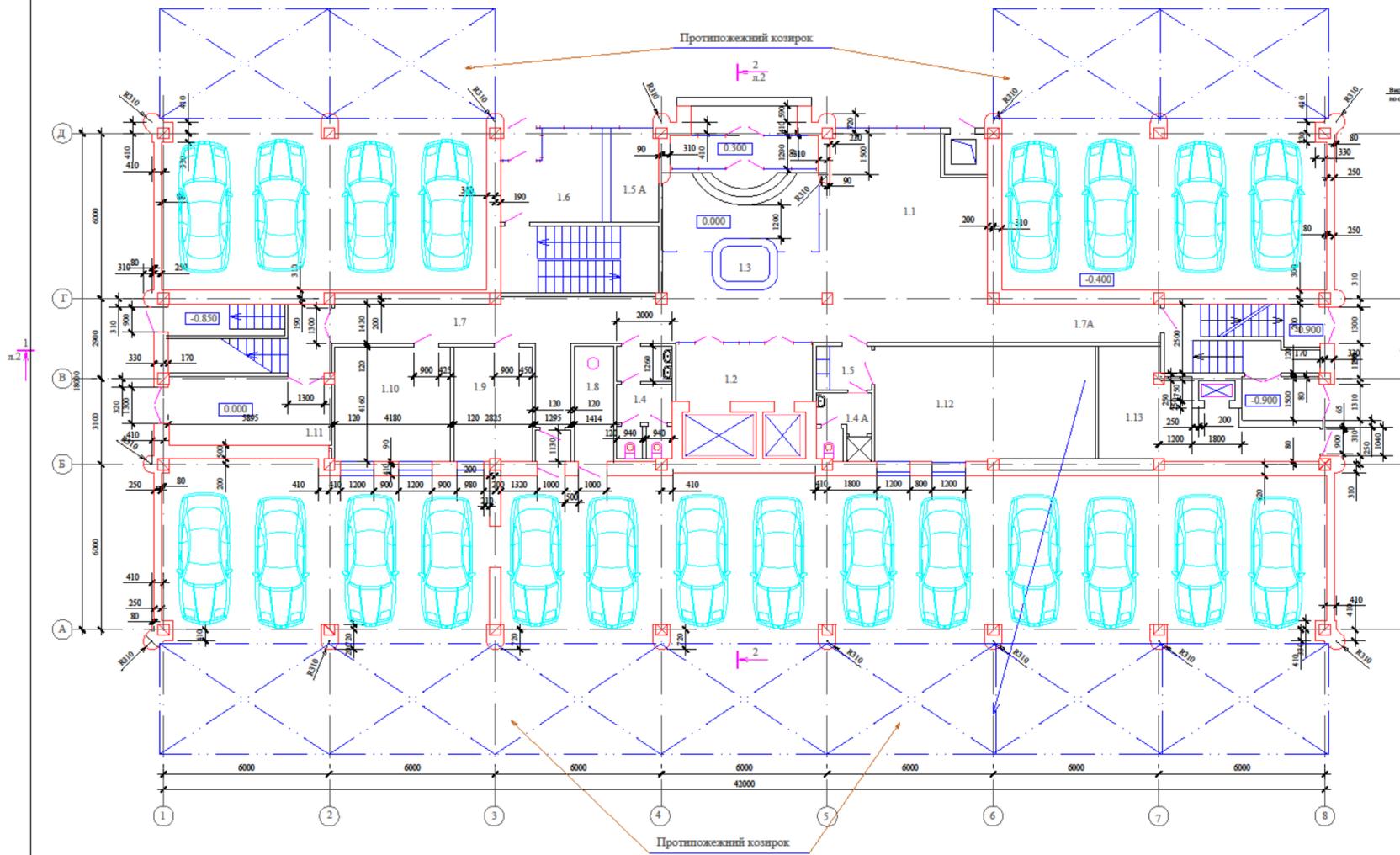
Коефіцієнт надійності по призначенню - 0.95

РОЗА ВІТРІВ

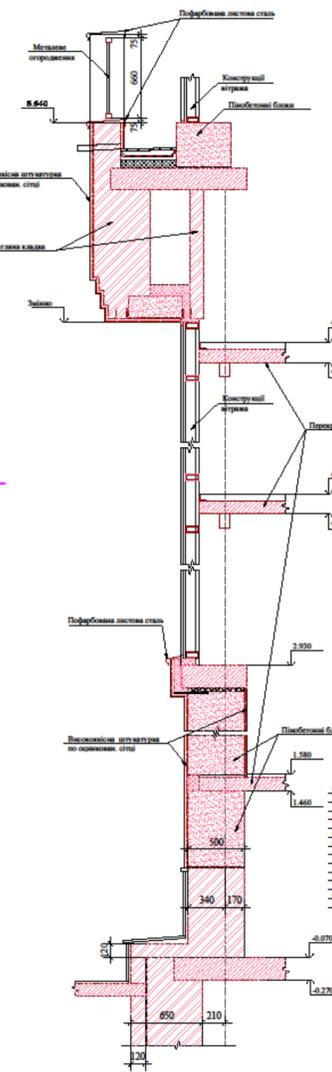


						08-11.МКР.014 - АР			
						Офісно-комерційний центр в м. Харків			
Зм.	Кіл.	Архит.	Мелок.	Підпис	Дата	Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівлі на нерівномірно деформованих основах	Сталк.	Архит.	Архитів
Розробив	Федорченко А.						II		
Перевірив	Попович М.М.								
Н. контр.	Мисська І.В.					Фасад в осях А - Д			
Репрезент.	Кол І.В.					Схема генплана			
Затвердив	Шевць В.В.					Техніко-економічні показники			ВНТУ, гр. Б-23мз

ПЛАН 1-го ПОВЕРХУ



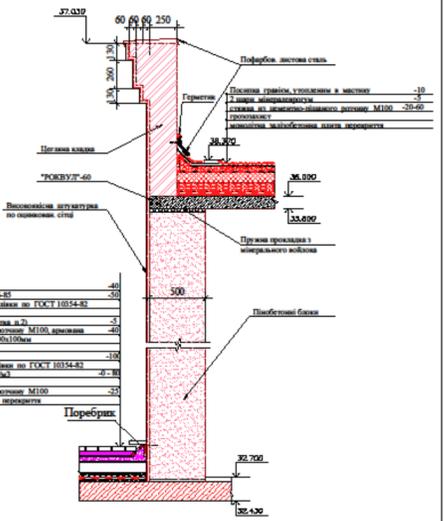
Вузел "А"



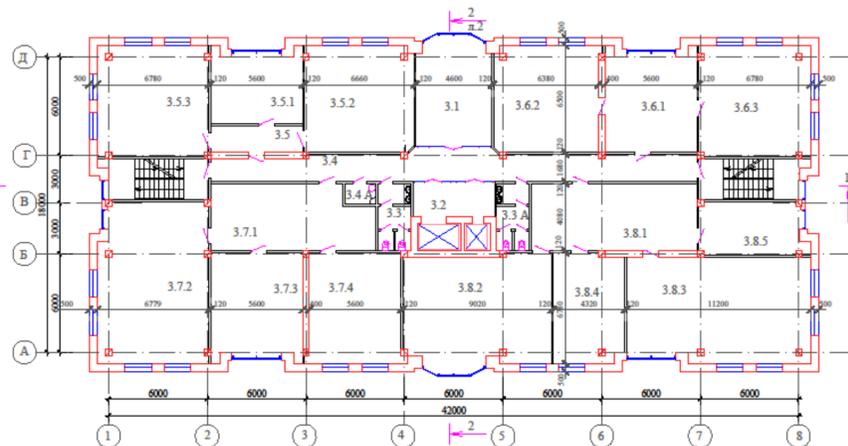
Експлікація приміщень 1-го поверху

N пом.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>
1	2	3
1.1	Вестибюль	78.65
1.2	Ліфтовий холл	9.77
1.3	Пост опороги	5.00
1.4	Санвузол	7.72
1.4A	Санвузол	4.70
1.5	Гардероб	3.18
1.5 A	Гардероб	5.15
1.6	Вестибюль кафе	11.11
1.7	Коридор	22.32
1.7 A	Коридор	8.40
1.8	Світлотехніка	5.94
1.9	Кімната опороги	12.55
1.10	Електроштаба	17.58
1.11	Вестибюль	14.70
1.12	Тренажерна зала	32.50
1.13	Завантажувальна зона кафе	19.28

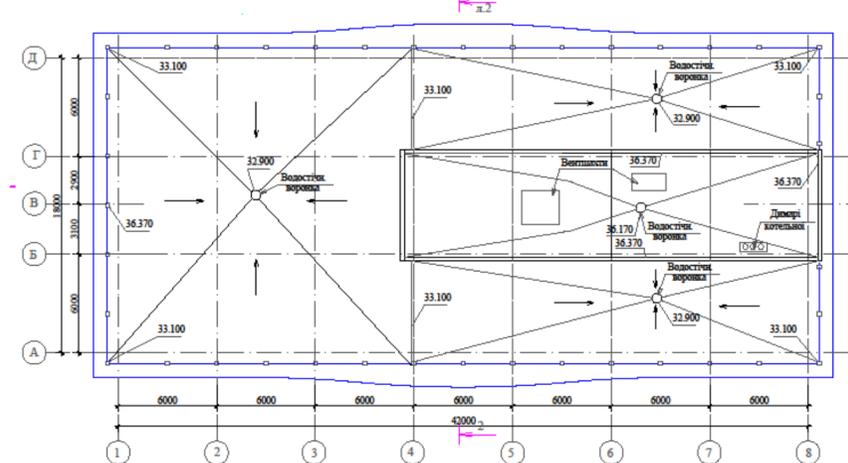
Вузел "Б"



ПЛАН ТИПОВОГО ПОВЕРХУ



ПЛАН ПОКРІВЛІ



Експлікація приміщень типового поверху

N поз.	Назва	Площа м <sup>2</sup>
1	2	3
3.1	Холл	31.17
3.2	Ліфтовий холл	9.77
3.3	Санвузол	7.72
3.3 A	Санвузол	4.70
3.4	Коридор	50.65
3.4 A	Кладовка інвентаря для прибирання	2.40
3.5	Офіс №1	120.49
3.5.1	Кабинет №1	22.66
3.5.2	Кабинет №2	42.66
3.5.3	Кабинет №3	46.21
3.5.4	Коридор	8.96
3.6	Офіс №2	118.81
3.6.1	Приміщення	31.62
3.6.2	Кабинет №1	42.66
3.6.3	Кабинет №2	44.53

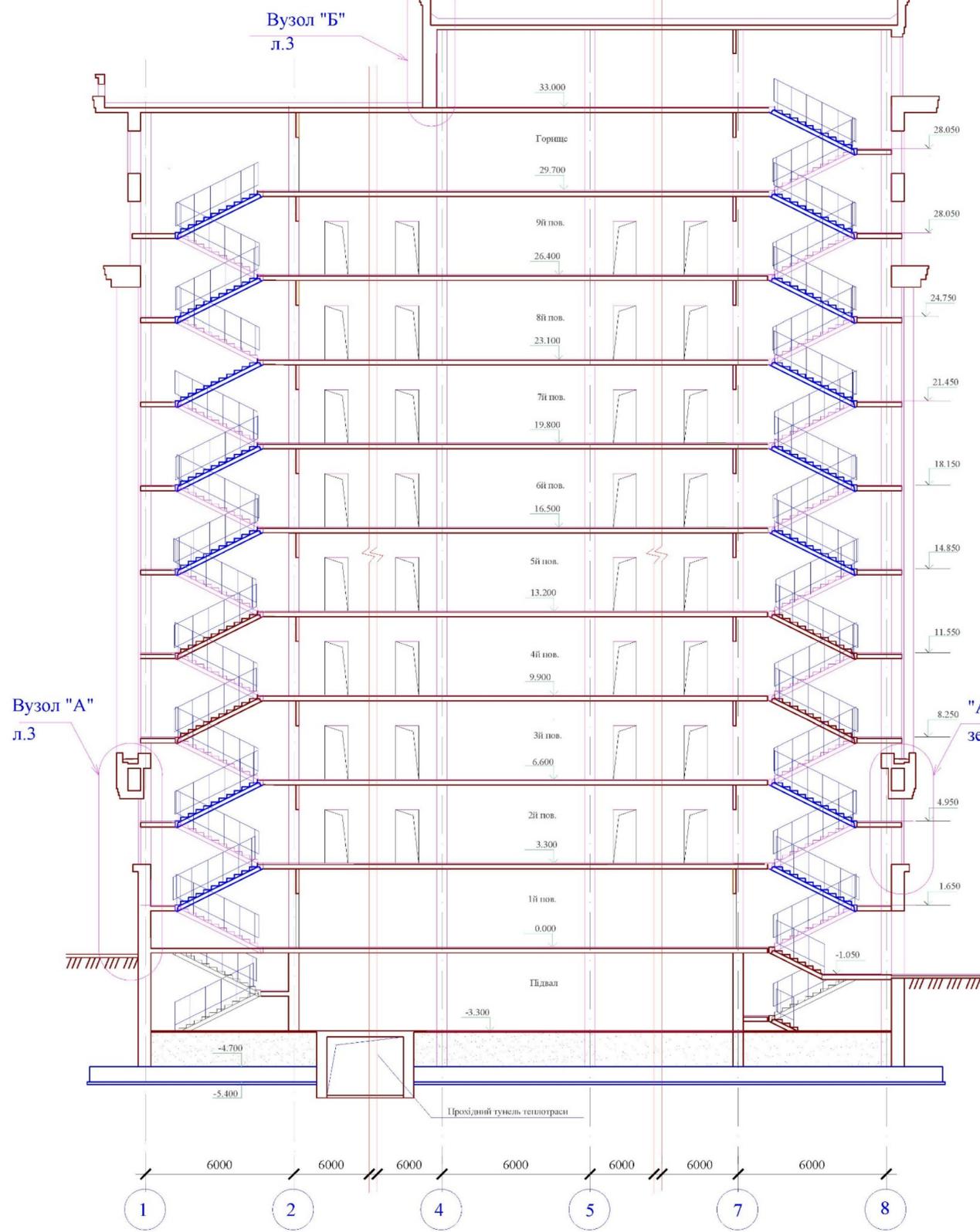
1	2	3
3.7	Офіс №3	180.29
3.7.1	Приміщення	38.20
3.7.2	Робочий зал	65.19
3.7.3	Кабинет №1	33.85
3.7.4	Кабинет №2	40.96
3.8	Офіс №4	180.29
3.8.1	Приміщення	41.84
3.8.2	Робочий зал №1	60.15
3.8.3	Робочий зал №2	71.05
3.8.4	Кабинет №1	28.31
3.8.5	Кабинет №2	20.34

08-11.МКР.014 - АР

Офісно-комерційний центр в м. Харків

Зм.	Кіл.	Арх.	Лекс.	Підпис	Дата	Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах	Стаття	Аркуш	Аркуші
Розробник		Федорченко А.				План 1-го поверху. План типового поверху. План покрівлі. Вузели "А" та "Б"	II		ВНТУ, гр. Б-23мз
Лексикон		Попович М.М.							
Н. контр.		Макашук І.В.							
Рецензент		Коп І. В.							
Затвердив		Швейц В.В.							

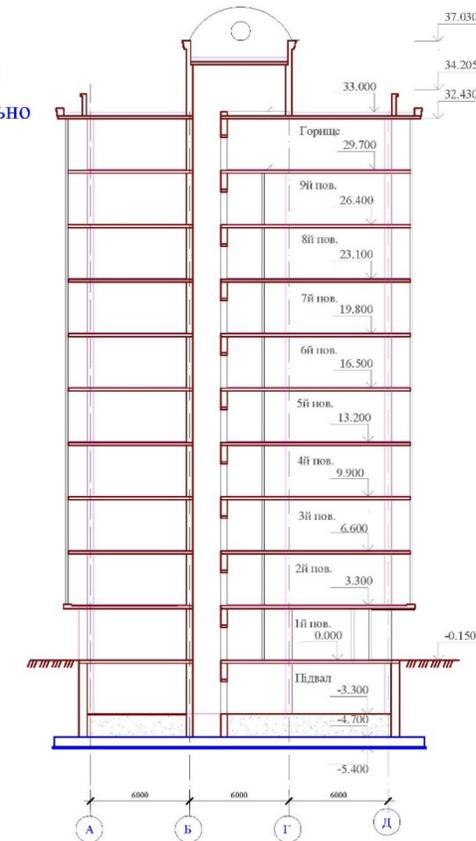
РОЗРІЗ 1 - 1



ФАСАД в осях 8 - 1



РОЗРІЗ 2 - 2



Композиція фасаду - осьова, акцентована вітражами та заскленими еркерами. В оздобленні фасадів використані високоякісні матеріали і вироби: вітражі з теплозахисними склопакетами, вікна індивідуального виготовлення, облицювання цоколя штучним гранітом, високоякісна штукатурка з фарбуванням водостійкими фарбниками.

Внутрішнє оздоблення передбачає використання високоякісної керамічної плитки, паркету, коврових покриттів та лінолеума, фарбування стін і стелі водостійкими фарбами, підвісні стелі "Армстронг". В оздобленні використовуються полімерні матеріали з числа дозволених Мінздравом України.

08-11.МКР.014 - АР					
Офісно-комерційний центр в м. Харків					
Зм.	Кз.	Архит	Рекон.	Підпис	Дата
Розробив	Федорченко А.				
Перевірив	Попович М.М.				
Н. контр.	Масовська І.В.				
Решувач	Кот І.В.				
Затвердив	Швець В.В.				
Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірному деформованих основах				Стаття	Архит
Розріз 1-1 . Розріз 2-2 . Фасад в осях 8-1				II	Архит
				ВНТУ, гр. Б-23мз	

Фундаментна плита

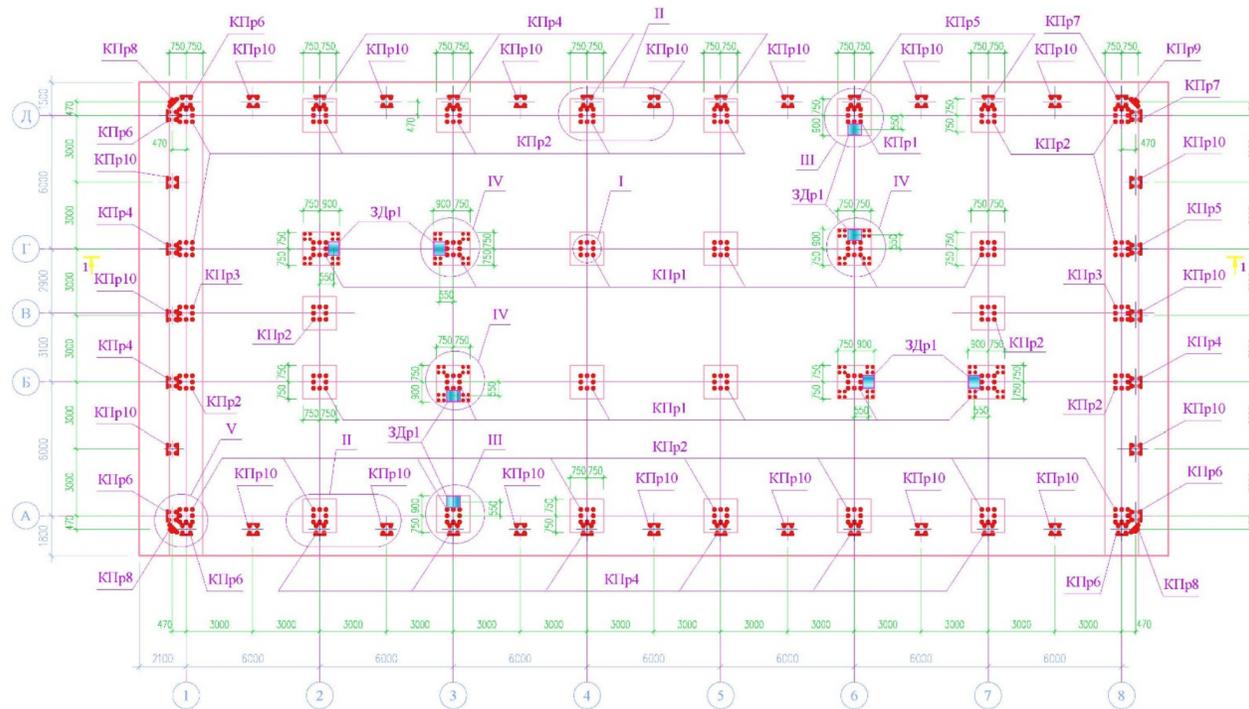
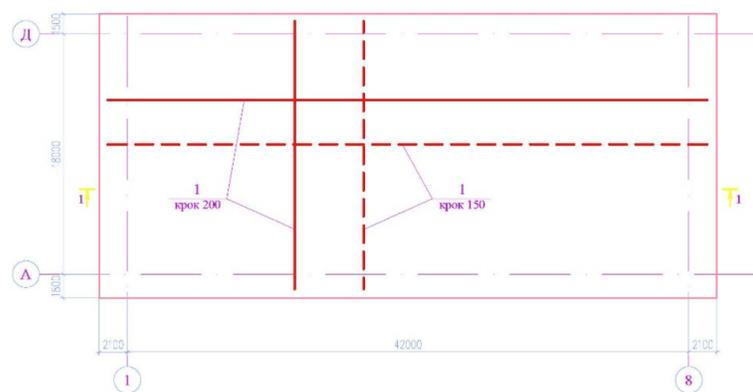
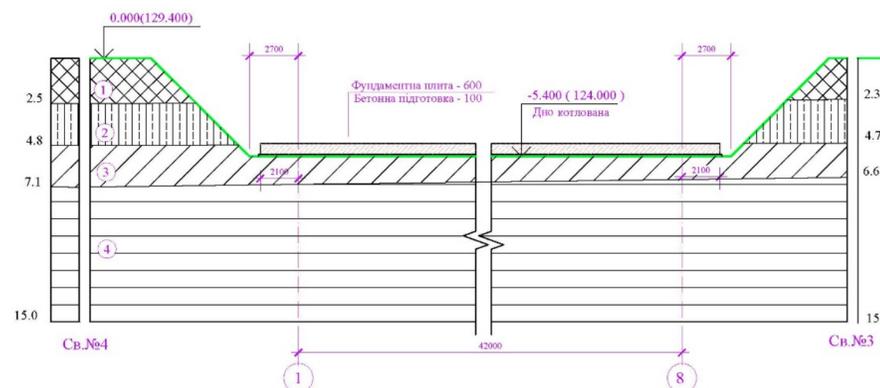


Схема армування плити



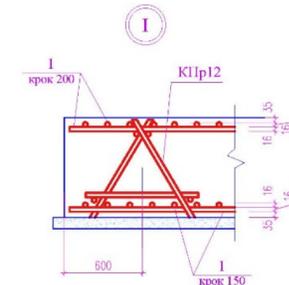
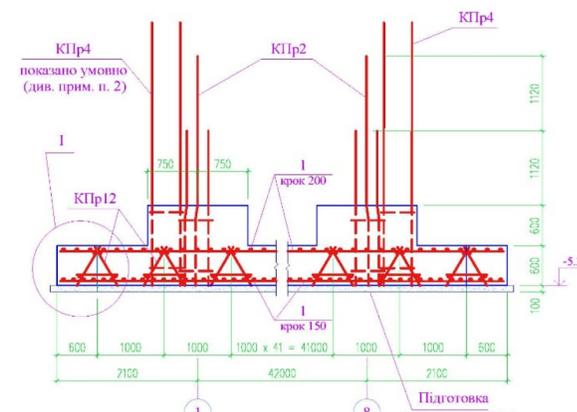
Геологічний розріз будівельного майданчика



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Насыпний ґрунт
- Суглинок жовто-бурий лесовий
- Суглинок коричневий
- Глина коричнево-бура

1-1

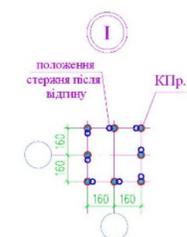
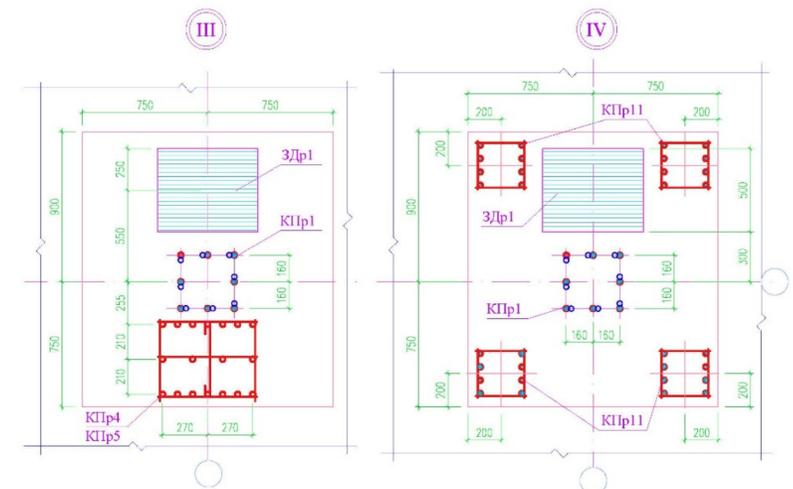


Специфікація матеріалів фундаментної плити

Поз.	Позначення	Пайменування	Кіл.	Маса од. кіл	Примт.
Збірні одиниці:					
	1264 - 03 - АС	л.	КІр1	14	158.70
	" "	л.	КІр2	20	112.50
	" "	л.	КІр3	2	29.10
	" "	л.	КІр4	13	217.40
	" "	л.	КІр5	3	198.00
	" "	л.	КІр6	6	161.20
	" "	л.	КІр7	2	144.80
	" "	л.	КІр8	3	111.70
	" "	л.	КІр9	1	101.70
	" "	л.	КІр10	20	135.30
	" "	л.	КІр11	24	16.00
	" "	л.	КІр12	138	60.70
	" "	л.	ЗДр1	8	61.80
Деталі:					
I		Ø 16 А 400С	1-23802.00	м	38083.00
Матеріали:					
		Бетон кл. С20/25			665.10 м <sup>3</sup>

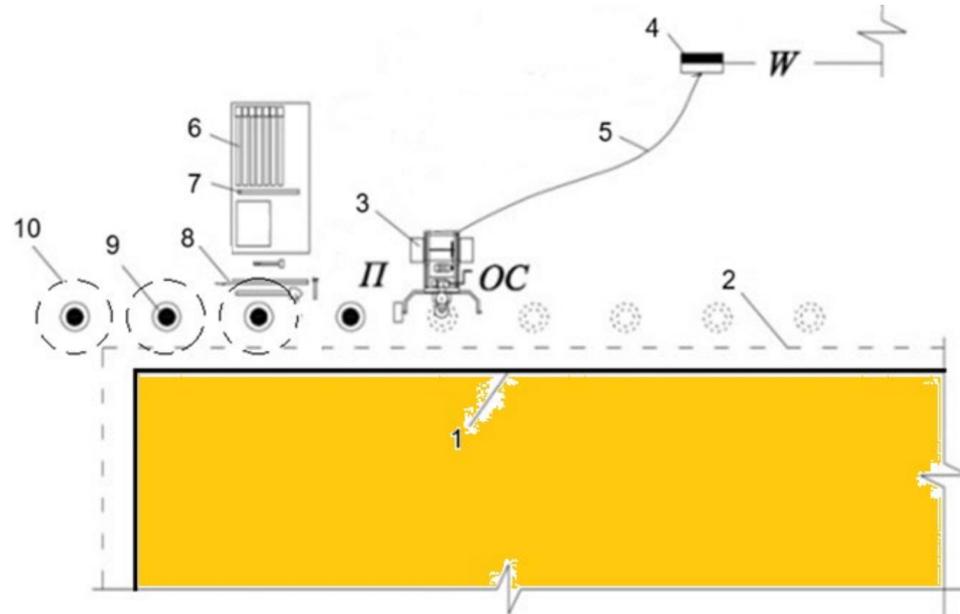
Відомість витрат сталі на фундаментну плиту, кг.

Марка сл-га	Вироби арматурні								Вироби закладні				Загал. маса			
	Арматура класу								Арматура класу							
	А 400С								А 240С							
	ДСТУ 3760-2019								Всього							
Фундам. плита	Ø 32	Ø 28	Ø 20	Ø 16	Ø 14	Ø 8	Того	Ø 6	Ø 8	Того	Ø 22	Ø 18	Того	Ø 14	59687.80	
	2203.60	2224.00	7329.30	38493.80	7603.80	1175.60	59030.30	28.80	134.30	163.10	59193.40	51.20	179.20	230.40	264.00	494.40



08-11.МКР.014 - КБ										
Зм.	Кл.	Лист	№дож.	Г.бланк	Дата	Офісно-комерційний центр в м. Харків				
Розробив	Федорченко А.					Удосконалення технології впровадження геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах				Стадія
Перевірив	Попович М.М.									Архив
Н. контр.	Маскава І.В.									II
Результат затверд.	Копі. В. Шиль В.В.					Фундаментна плита. Розрізи. Геологічний розріз будмайданчика.				ВНТУ, гр. Б-23мз

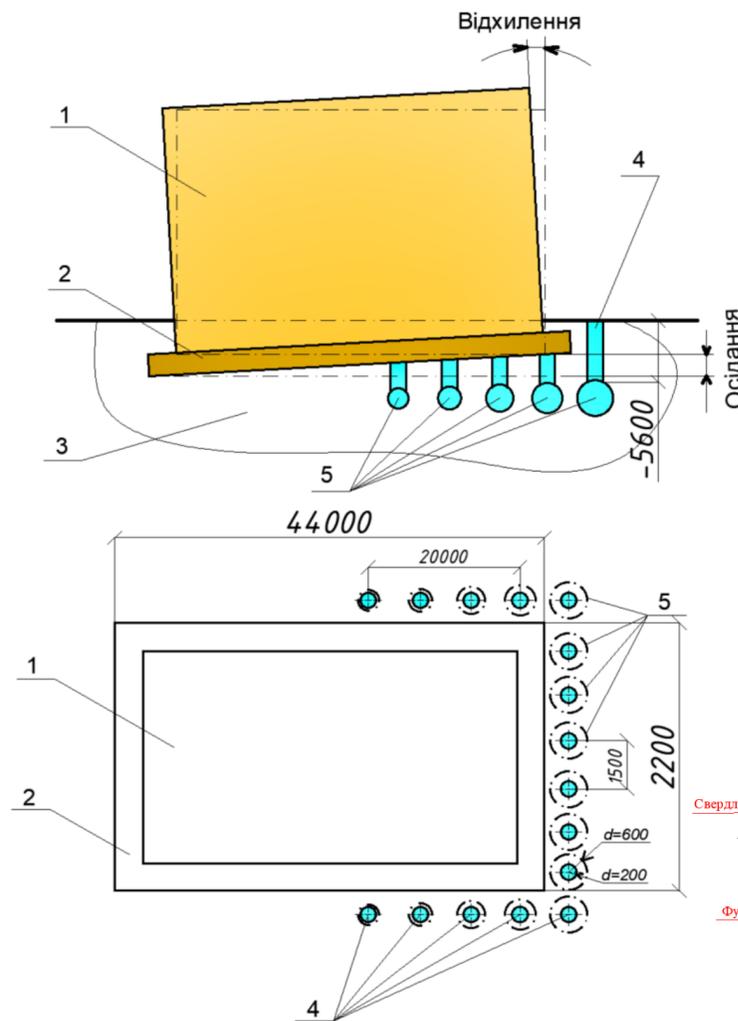
## Загальна схема організації робіт по вирівнюванню геометричного положення



### ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ

- буріння свердловин виробляють самохідними буровими машинами, комплектами навісного обладнання або з будь-якими іншими установками, що дозволяють бурити свердловину діаметром менше 400 мм до глибини, передбаченої проектом. При встановленні та центруванні бурового верстата усунення в плані та відхилення вертикальної осі штанги від проектного положення осі свердловини не допускаються
- проводять розмітку місць і встановлення бурового верстата (3) на вісь свердловини з наступним бурінням свердловини (9) в межах асфальтобетонного покриття бурової коронки, а нижче шнеком діаметром 100 мм до несучого шару (ІГЕ-3) та заглибленням у нього не більше ніж на 30 - 40 см. При цьому верхній асфальтобетонний шар виконує роль кондуктора.
- у процесі буріння кожної свердловини необхідно візуально визначати відповідність ґрунтів у основі палі із зазначеним у проекті (за назвою, щільністю та вологістю). У разі розбіжності слід припинити буріння та викликати представників проектного інституту та замовника для вирішення питання про зміну глибини буріння.
- Розбурювання розширень проводять фрезерним механічним розширювачем з циліндричною ємністю. У відкидному днищі ємності є ножі для зачистки вибою свердловини і прорізи, через які стружки ґрунту надходять усередину ємності. Механічні розширювачі повинні мати обмежувачі розкриття шарнірних ножових лопатей до необхідних діаметрів, а також стопори утримання розкриття лопатей.
- перед початком робіт проводиться тарування розширювача, що полягає в наступному: на поверхні землі послідовно розкриваються лопаті розширювача по необхідним діаметрам з відповідним виміром опускання штанги; одночасно перевіряється надійність стопорів утримання розкриття лопатей.

## Технологічна схема вирівнювання



### ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Будівля, в якій намічено зробити вирівнювання геометричного положення, має бути попередньо обстежена з метою виявлення технічного стану всіх конструкцій з виділенням небезпечних місць. За результатами обстеження складається акт, виходячи з якого розробляється проект виконання робіт. До початку робіт необхідно встановити місця для входу та проходу робітників залежно від стану окремих конструктивних елементів. Перед початком робіт особи, допущені до проведення робіт, мають бути ознайомлені з проектом виконання робіт та проінструктовані про безпечні методи робіт. З метою безпеки необхідно ослаблення одних конструкцій не викликало обвалення інших.

## Бурове обладнання

### В транспортному стані



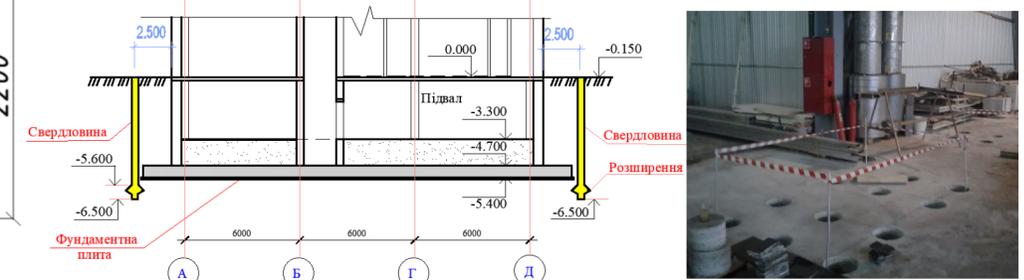
### В робочому стані



## Розширювачі свердловин



## Організація робочого місця при бурінні



## Графік виконання робіт

№ п/п	Види робіт	Одиниці вимірюв.	Об'єм робіт	Склад ланки, люд.	Тривалість процесу, дні	Робочі дні													
						2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			
1	Підготовка будівельного майданчика з твердим покриттям для розміщення бурової установки	м²	200	Землекоп 3р-2 2р-2	4														
2	Підготовка майданчика для зберігання бурового обладнання та інструменту (ковшів бурів, шнеків і т.д.)	м²	12	Оператор станка 3р-2	1														
3	Розмітка осей (центрів) свердловин з перенесенням (прив'язкою) висотних відміток	шт.	46	Інженери 4р-1, 3р-2	2														
4	Встановлення марок та геометричне нівелювання будівлі	шт.	12	Інженери 4р-2, 3р-2	3														
5	Буріння свердловин буровою установкою по осі свердловини з послідовним нарощуванням шнеків на послідовних ділянках	м³ м.п.	9,384 299	Оператор станка 5р-2 3р-2	6														
6	Влаштування розширення.	м³ / шт.	2,3 / 46	Оператор станка 5р-2 3р-2	2														
7	Облаштування майданчика для тимчасового зберігання винятого зі свердловини ґрунту	м²	10	Різноробочі-2	2														
8	Контроль геометричного положення будівлі (по маркам)	шт.	12	Інженери 4р-2, 3р-2	8														
9	Зворотна засипка ґрунту в свердловини з ущільненням	м³	7,82	Машиніст 3р-2 2р-2	4														
10	Відновлення дорожнього покриття	м²	66	Машиніст 3р-2 2р-2	4														

08-11.МКР.014 - ПВР						
Офісно-комерційний центр в м. Харків						
Зм.	Кіл.	Арк.	Відок.	Підпис	Дата	
Розробив	Федорченко А.					
Перевірив	Попович М.М.					
Н. контр.	Мавська І.В.					
Рецензент	Коц І.В.					
Затвердив	Швець В.В.					
Удосконалення технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірних деформованих основах				Стадія	Аркуш	Аркушів
Технологічна карта				ВНТУ, гр. Б-23мз		

# Загальні висновки

1. На основі аналізу причин нерівномірних осідань фундаментів споруд, які призводять до зміни геометричного положення, а також відомих технологій їх вирівнювання виявлено, що існуючі способи виконання робіт не забезпечують достатню керованість та безпеку розглянутих процесів.
2. Дослідженнями закономірностей технологічного процесу вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах дозволили встановити, що:
  - ❖ при виконанні вертикального буріння свердловин зменшення нахилу будівлі та швидкість цього процесу залежить від довжини вертикальних свердловин, ця залежність має криволінійний характер;
  - ❖ аналізуючи отримані дані, можна дійти висновку, що при появі значних зон зсувів ґрунту відбувається процес переміщення ґрунту основи у вибурені свердловини, що призводить до ослаблення основи з найменш осівшої сторони фундаменту і надалі призводить до осідання цієї сторони, тобто до зниження нерівномірності осадки;
  - ❖ поява значних зон зсувів ґрунтового масиву наставала, коли довжина свердловини у ґрунті досягала  $1,5b - 2b$ ;
  - ❖ буріння горизонтальних свердловин для ліквідації крену фундаментів можна використати для суцільних плитних фундаментів споруд баштового типу.
3. На основі отриманих закономірностей удосконалено технологію вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах.  
Вони полягають у наступному - для вирівнювання геометричного положення нахиленої будівлі:
  - а) влаштовують сухим методом вертикальні **свердловини з розширенням різних діаметрів** в нижній частині по зовнішньому краю фундаменту будівлі на глибину 30 - 40 см нижче подошви фундаменту зі сторони протилежної нахилу, при цьому виймають частину ґрунту основи з під подошви фундаменту;
  - б) влаштовують вертикальні свердловини по зовнішньому краю фундаменту будівлі на глибину 30 - 40 см нижче подошви фундаменту зі сторони з відносно невеликим осіданням будівлі, при цьому виймають частину ґрунту основи з під подошви фундаменту, за **допомогою механічного пристосування руйнують проміжки між свердловинами збільшуючи об'єм ослабленого ґрунту основи**;
  - в) **розрізають несучі конструкції будівель** і з допомогою домкратів вирівнюють геометричне положення
4. Економічним порівнянням двох можливих варіантів вирівнювання геометричного положення (вирівнювання з використанням вертикальних свердловин та за розробленою технологією з розширенням) за декількома показниками підтверджена ефективність вирівнювання будівель розробленою технологією у розмірі 124 тис. грн., яка істотно відрізняється своєю простотою та меншими витратами ресурсів.

## ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи  
здобувача Федорченко Анастасії Валентинівни

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ  
ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО  
ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ»

В містах усього світу активно розвивається багатоповерхове (висотне) будівництво, в тому числі і на слабких водонасичених і сильно стисливих ґрунтах. Це викликає ряд проблем, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності об'єктів, зокрема, з дотриманням нормативних показників по абсолютному і відносному осіданню, а також відхиленням каркаса будівлі від вертикалі в результаті чого відбувається його крен.

Незважаючи на загальновідомі широко поширені методи зміцнення фундаментів і вирівнювання геометричного положення будівель і споруд, невирішеною залишається проблема стабілізації осідання фундаментів і ліквідації кренів об'єктів в умовах слабких фундаментів зі складними, нестабільними нахилами..

Автор дослідив методи вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах і контрольованого регулювання нерівностей осідань будівель і споруд на слабких основах.

Проведено аналіз зарубіжних та вітчизняних робіт та публікацій по даній темі.

Виконано виготовлення дослідної установки, проведено дослідження параметрів свердловин при вибурюванні ґрунту під менш осівшою подошвою фундаментів будівлі. Проведені дослідження влаштування вертикальних і горизонтальних свердловин.

Автором запропоновано нові конструктивні та технологічні рішення вирівнювання геометричного положення будівель з використанням технологій вибурювання ґрунтів основи та технології домкратування елементів каркасу будівлі.

В технічній частині виконано дослідження об'єкту реконструкції – експлуатованої . будівлі офісно-комерційного центру в м. Харків, яка в процесі

експлуатації отримала наднормові деформації, для якої виконано обстеження та розроблена технологічна карта на вирівнювання геометричного положення. Розраховано економічну ефективність запропонованих автором рішень.

Робота відповідає виданому завданню і вимогам до магістерських кваліфікаційних робіт.

При виконанні роботи здобувач показала високий рівень підготовки, здатність самостійно приймати кваліфіковані інженерні рішення, проводити дослідження і аналізувати результати.

За результатами досліджень подано три заявки для отримання патентів на корисну модель, який закріпить наукову новизну розробок, зроблено доповідь «Технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах» на 54 Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (ВНТКП ВНТУ) та опубліковано її тези.

Здобувач дотримувалася календарного плану, виконала великий обсяг робіт і показала високий рівень підготовки.

Підготовка здобувача Федорченко А.В. відповідає вимогам освітньої програми.

Магістерська кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «А» (відмінно), а здобувач – присвоєння ступеня магістр та кваліфікації «Магістр з будівництва».

Керівник магістерської  
кваліфікаційної роботи, к.т.н., доц.



Попович М. М.

**ВІДГУК ОПОНЕНТА**  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
здобувача Федорченко Анастасії Валентинівні  
на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІВНЮВАННЯ  
ГЕОМЕТРИЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО  
ДЕФОРМОВАНИХ ОСНОВАХ»

Магістерська кваліфікаційна робота виконана відповідно до завдання, що затверджено зав. кафедрою БМГА, відповідає темі, містить 20 аркушів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 117 сторінок та додатків.

Матеріал роботи подано у розгорнутому та доступному для розуміння вигляді.

У першому розділі роботи виконано доволі розгорнутий та якісний огляд робіт інших авторів із близьким напрямком дослідження, що дає добре розуміння обраної теми. У другому розділі описано розроблену дослідну установку та лабораторні дослідження роботи моделей фундаменту мілкового закладання при вирівнюванні методом вибурювання, які провів автор на моделях фундаментів. Третій розділ присвячений удосконаленню технології вирівнювання геометричного положення будівель на нерівномірно деформованих основах.

На основі наукових досліджень автора підготовлені матеріали і подано три заявки на отримання патенту, що підкреслить наукову новизну. Четвертий розділ, технічний - оцінка використання запропонованого способу вирівнювання геометричного положення будівлі, яка знаходиться в експлуатації. Тут отримані результати були застосовані на реальних об'єктах, а саме існуючої будівлі офісно-комерційного центру в м. Харків. У п'ятому розділі - економічному, здійснено розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.

Текстова частина пояснювальної записки та графічні креслення до неї виконано відповідно до стандартів та з дотриманням усіх вимог.

До *недоліків можна віднести те*, що автор мало уваги приділив дослідженням процесу розпушення (розущільнення) ґрунтів в процесі вибурювання і вилученні ґрунту з напруженої зони під подошвою фундаменту.

Проте вказаний недолік не впливає на позитивне враження від роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на достатньому рівні і заслуговує оцінку «А».

Здобувач Федорченко А. В. заслуговує на присвоєння ступеня магістра зі спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія.

**Опонент**

професор кафедри ІСБ, к.т.н.

