

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ВРАХУВАННЯ РОБОТИ ІСНУЮЧОГО ФУНДАМЕНТУ ЯК
РОСТВЕРКУ ПРИ ЙОГО ПІДСИЛЕННІ МІКРОПАЛЯМИ»

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

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

Бубела А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник К.Т.Н. доцент

(вчений ступінь, посада)

Блащук Н.В.

(прізвище та ініціали)

Опонент К.Т.Н. доцент

(вчений ступінь, посада)

Степанова Н. Д.

(прізвище та ініціали)

« » 2024р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА

В.В. Швець

(підпис)

ФАКУЛЬТЕТ
БУДІВНИЦТВА,
ЦИВІЛЬНОЇ ТА
ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

« » 2024 року

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Ступінь вищої освіти магістр
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)
Освітня програма Промислове та цивільне будівництво
(шифр і назва)



З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Бубелі Андрію Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його підсиленні мікропалями

керівник роботи Блащук Н.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 17 " 09 2024 року № 310

2. Строк подання студентом роботи 30.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проектування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування реконструкції одноповерхової будівлі. Після реконструкції поверховість збільшується до трьох поверхів. Будівля з несучими зовнішніми та внутрішніми стінами з зовнішнім утепленням в м. Вінниці. Перекриття монолітні залізобетонні. Фундамент мілкого закладання стрічковий, що підсилюється мікропалями.

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

1. Науково-дослідна частина (огляд літературних джерел), Аналіз видів, методів та технологій підсилень фундаментів. Опанування програмного комплексу PLAXIS. Чисельне моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа», а також окремих їх елементів при варіюванні довжини і кількості паль, відстані між палями, характеру розміщення в ростверку. Аналіз одержаних результатів, виявлення найбільш впливових чинників на перерозподіл зусиль між ростверком та палями у складі підсиленого фундаменту.

2. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, специфікації на збірні залізобетонні конструкції, віконні та дверні заповнення, експлікація підлоги, теплотехнічний розрахунок).

3. Конструктивні рішення фундаментів по підсиленню за результатами досліджень.

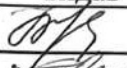
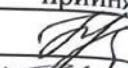
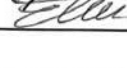
4. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту).

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Науково-дослідний розділ – 5-8 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
 2. Архітектурно-будівельні рішення – 1-2 арк. (фасад, генеральний план, плани, перерізи, покрівлі, розріз, вузли)
 3. Конструктивні рішення фундаментів – 1-2 арк. (робочі креслення).

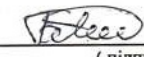
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
1-3, 4	Блащук Н. В. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		
5 (Економіка)	Лялюк О. Г. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		

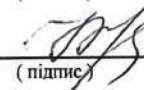
7. Дата видачі завдання 10.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	14.10-17.10.24	
2	Науково-дослідна частина	02.09-13.10.24	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	14.10-31.10.24	
4	Другий підрозділ технічної частини	01.11-12.11.24	
5	Економічна частина	13.11-24.11.24	
6	Оформлення МКР	25.11-28.11.24	
7	Подання МКР на кафедру для перевірки	29.11-30.11.24	
8	Попередній захист	02.12-03.12.24	
9	Рецензування	04.12-09.12.24	

Студент 
(підпис)

Бубела А.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Блащук Н.В..
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 625.15

Бубела А. А., Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його підсиленні мікропалями. Магістерська дипломна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2024. 96 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 49 назв, рис.: 26; табл. 12; 19 листів граф. частини.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано конструктивні рішення для підсилення фундаментів мікропалями.

Відповідно до поставлених задач було виконано:

- огляд сучасних видів технологій підсилення фундаменту, виконано аналіз їхніх переваг та недоліків.;
- визначено основні критерії порівняння підсилення мікропалями фундаменту при різній поверховості будівлі.

На основі проведеного багатокритеріального аналізу було визначено найоптимальніший варіант підсилення фундаменту мікропалями з урахуванням роботи існуючого фундаменту як ростверку підсиленого.

Виконано техніко-економічне порівняння варіантів підсилення мікропалями фундаменту при реконструкції будівлі

Ключові слова: мікропала, фундамент, підсилення, оцінка, вартість.

ANNOTATION

Bubela A. A., Construction of the work of the basic foundation as a grillage with its reinforced micropalms. Master's qualification thesis in specialty 192 – "Construction and civil engineering". Vinnytsia: VNTU, 2024. 96 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 49 titles; Fig.: 26; table 12; sheets of the graphic part: 19.

In this master's degree work, constructive solutions for strengthening foundations with micropalms are proposed.

The following was confirmed before the tasks were set:

- an overview of current types of technologies for strengthening the foundation, and an analysis of their advantages and shortcomings;
- the main criteria for leveling reinforcement with micropalms of the foundation with different surfaces have been identified.

Based on a wide range of criteria analysis, the optimal micropallet option was identified.

In the technological part, the foundation was divided from prefabricated reinforced concrete slabs.

A technical and economic comparison of the strengthening of the foundation with micropiles at different levels of the building was performed

Key words: micropiles, foundation, reinforcement, assessment, cost.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	9
1.1 Види, методи та технології підсилень фундаментів	9
1.2 Сучасні методи підсилення основ і фундаментів у світовій практиці	13
1.3 Мікропалі та їх види	20
1.3.1 Технологія MESI	20
1.3.2 Мікропалі (систем Titan і GSI)	21
1.3.3 Палі fundex, vibrex (вібрекс), tubex (тюбекс)	24
Висновки по розділу 1	30
2. Методика та експериментальні дослідження підсилення фундаментів мікропалями	31
2.1 Методика підсилення фундаментів мікропалями	31
2.2 Моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа»	35
2.3 Результати моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа»	38
Висновки по розділу 2	46
3. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
3.1 Результати чисельного моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа».	47
3.2 Рекомендації для розрахунку підсилення стічкових фундаментів палями	49
Висновки по розділу 3	52
4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	53
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	53
4.1.1 Основні рішення генерального плану	53
4.1.2 Архітектурно-планувальні рішення	54
4.1.3 Конструктивні рішення	57
4.1.3.1 Стіни	57
4.1.3.2 Перегородки	57
4.1.3.3 Перекриття	57
4.1.3.4 Підлога	58
4.1.3.5 Покрівля	60
4.1.3.6 Сходи	61
4.1.3.7 Вікна, двері	61
4.1.4 Зовнішнє та внутрішнє опорядження	63

4.1.5 Теплотехнічний розрахунок.	63
4.1.6 Водопостачання та каналізація	64
4.1.7 Опалення та вентиляція	65
4.1.8 Холодопостачання	66
4.1.9 Електротехнічні рішення	66
4.10 Пожежна безпека	67
4.2 Основи та фундаменти	68
4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов майданчику	68
4.2.2 Збір навантаження на фундаменти	70
4.2.3 Обґрунтування вибору варіантів підсилення основ і фундаментів	73
4.3 Розрахунок підсилення фундаментів	74
4.3.1 Розрахунок підсилення фундаменту буроін'єкційними палями довжиною 3,00 м без врахування роботи ростверку	74
4.3.2 Розрахунок підсилення фундаменту буроін'єкційними палями довжиною 3,00 м без врахування роботи ростверк	76
Висновок до розділу 4	78
5. Економічна частина	79
5.1 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів	79
5.2 Визначення кошторисної вартості фундаментів	80
Висновки до розділу 5	87
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТКИ	97
ДОДАТОК А Бланк перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	98
ДОДАТОК Б Відомість графічної частини	99

ВСТУП

Актуальність теми.

Підсилення фундаментів палями виконують особливо часто у випадках збільшення поверховості будівлі і навантаження, а також у зв'язку з погіршенням несучої здатності основи. На сьогодні існує багато різновидів паль, але значного поширення при підсиленні набули мікропалі у зв'язку з незначними габаритами і можливістю улаштування в умовах реконструкції та підсилення. Незважаючи на те, що палі застосовуються давно і в різних ґрунтових умовах, залишається ще досить багато питань. Актуальним серед них є врахування роботи існуючого фундаменту. При проектуванні та розрахунку такого підсилення виникає чимало питань. Числове моделювання дає змогу оцінити напружено-деформований стан (НДС) системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа», разом з тим при моделюванні виникає багато питань щодо вибору програмного комплексу для моделювання і розрахункової моделі ґрунту, а також необхідності врахування етапів навантаження.

Оскільки на теперішній час будівництво здійснюється переважно за рахунок ущільнення забудови, яка існує, а також реконструкції, що потребує підсилення фундаментів, то дослідження НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа» з врахуванням етапів навантаження є актуальною задачею.

Мета дослідження. Кількісна та якісна оцінка роботи існуючого фундаменту і мікропаль при його підсиленні на числових моделях.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз сучасного стану питання підсилення фундаментів мілкового закладання палями;
- скласти програму та виконати чисельне моделювання підсилення стрічкового фундаменту мілкового закладання мікропалями у програмному комплексі Plaxis 3D Foundation;
- обрати найкращий варіант для виконання підсилення фундаменту мілкового закладання, при реконструкції існуючої одноповерхової будівлі.

Об'єктом дослідження є напружено-деформований стан основи при підсиленні стрічкового фундаменту мікропалями.

Предметом дослідження є стрічковий фундамент мілкового закладання при підсиленні мікропалями.

Методи дослідження - аналітичний огляд літератури, чисельний метод скінчених елементів для моделювання напружено-деформованого стану ґрунтових основ.

Наукова новизна. У роботі дістали подальшого розвитку методи дослідження напружено-деформованого стану підсиленого мікропалями стрічкового фундаменту.

Практична цінність одержаних результатів - виявлені фактори, що впливають на несучу здатність системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа» для стрічкових фундаментів, що підсилюються мікропалями.

Особистий внесок здобувача полягає у виконанні чисельного моделювання роботи стрічкового фундаменту при підсиленні мікропалями.

Апробація результатів роботи. Результати роботи апробовано на Науково-технічній конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025).

Публікації.

За результатами Науково-технічної конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025), проведеної у ВНТУ, опубліковано тези “Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його підсиленні мікропалями”, м. Вінниця, ВНТУ 2025 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025>.

1. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

1.1 Види, методи та технології підсилень фундаментів

На даному етапі розвитку будівельної галузі України існує тенденція щодо збільшення обсягів робіт із будівництва та реконструкції в умовах щільної міської забудови [2] та освоєння територій із складними інженерно-геологічними умовами [3]. При реконструкції часто виникає потреба виконання додаткових елементів жорсткості, щоб привести конструктивну схему будівлі у відповідність до діючих норм [4,5], в таких випадках часто необхідно підсилювати існуючі або добавляти нові фундаменти. Реконструкція будинків в умовах ущільненої міської забудови, як правило, пов'язане із значними ускладненнями конструктивних, технологічних та організаційних рішень на всіх етапах проектування та реконструкції будівлі.

Зміцнення фундаменту є одним з основоположних етапів реконструкції або реставрації будівлі. Деформації конструкцій, зокрема фундаменту, відбуваються в процесі тривалої експлуатації будівель і споруд. Основними процесами, що впливають на руйнування, деформацію і усадку основ і фундаментів будівель, є збільшення навантаження, руйнування кладки, зниження гідроізолюючих властивостей, погіршення умов стійкості фундаментів або ґрунтів у їх основі, збільшення деформативності ґрунтів, неприпустиме переміщення конструкцій. Наприклад, надбудова з збільшенням навантажень на фундаменти супроводжується відновленням процесу осідання будівлі. Безліч будинків надбудовують, часом неодноразово.

В значній мірі на деформативність фундаменту також впливає фізичний вплив, тобто будівельні роботи, які проводяться в місті - розвиток метрополітену, трамвайних шляхів, трас, інженерних систем, які надають динамічний вплив на фундаменти будівель ззовні.

В кожному конкретному випадку проводиться ретельне обстеження технічного стану будівельних конструкцій існуючої будівлі та інженерногеологічні вишукування. На основі отриманих даних, а також з врахуванням мети реконструкції, технічних рішень по конструктивних схемах надбудови та технології виконання робіт, приймаються проектні конструктивні та технологічні рішення по підсиленню конструкцій фундаментів, та при необхідності і самої будівлі..

Часто підсилення фундаментів виконують палями, особливо у випадках збільшення поверховості будівлі і навантаження [6], а також у зв'язку з погіршенням несучої здатності основи. Незважаючи на те, що палі застосовуються давно і в різних ґрунтових умовах, залишається ще досить багато питань.

У багатьох містах, що збудовані в поблизу колишніх рік, на берегах озер актуальною є тема руйнування будівель тих частин міста, де нерівномірне осідання фундаментів зумовлене неоднорідними і слабкими ґрунтами основи[7].. Внаслідок чого спостерігаються деформації будівель, розкриваються тріщини у зовнішніх і внутрішніх стінах, що створює небезпеку для людей та приводить до поступової руйнації будівель.

Вибір методу а також технології підсилення фундаменту залежить від багатьох чинників, зокрема: категорії технічного стану будівлі [8], конструктивної схеми будівлі, геологічних умов, щільності забудови і таке інше.

Як правило у літературі наведено традиційні методи підсилення фундаментів . Проте останні роки у країнах Європи активно розвиваються сучасні способи підсилення, а також нові технології виконання робіт та відповідне устаткування. У деяких випадках є доцільним поєднання традиційних і сучасних методів реконструкції фундаментів та основ.

Розглянемо традиційні способи підсилення фундаментів. Більшість традиційних методів підсилення основ і фундаментів зводяться до збільшення площі опирання підшви існуючих фундаментів, таким чином зменшуючи тиск на ґрунт основи[9]. Типові способи підсилення, запропоновані в 50-х роках минулого століття наведені на рис.1.1.

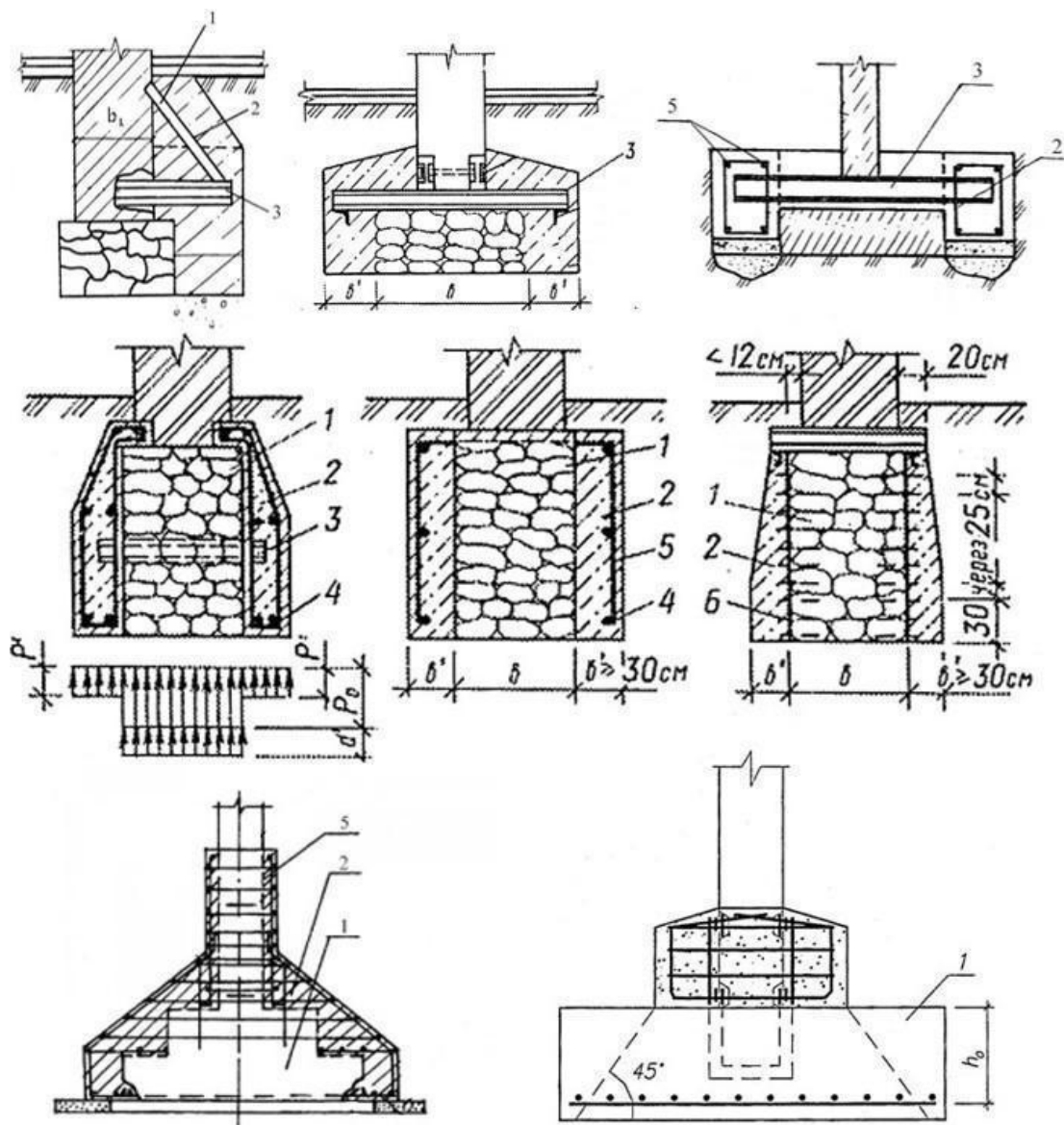


Рис. 1.1 Приклади традиційних методів підсилення фундаментів:
1-існуючий фундамент; 2-обойма; 3-розпірка з металевих профілів; 4- армування обойми; 5-арматурний каркас; 6-анкери.

За рахунок виконання залізобетонних обойм можна забезпечити збільшення площі підстави фундаментів які необхідно підсилити. Проте розширення підстави фундаментів не завжди є ефективним методом при наявності слабких водонасичених ґрунтів. Як показує практика, розширення підстави фундаментів включається в роботу при збільшенні навантаження на фундаменти, коли є додаткові осадки. А це в свою чергу може бути критичним для старої будівлі і потребуватиме додаткового підсилення будівлі.

Принципові прийоми підсилення фундаментів традиційними способами зводяться до наступних робіт. Спершу підсилювальний фундамент розбивають на захватки 1,5 – 2,0 м. на яких вручну виконують траншеї шириною 1,2 – 2,0 м. відносно підосви. Після цього у фундамент забивають металеві штирі або необхідне армування, встановлюють опалубку і бетонують розширення. Таким чином подібні методи підсилення є досить складні і дороговартісні у виконанні, а також переважно виконуються вручну. В місцях, де рівень підземних вод досить високий, є необхідність відкачувати воду, при цьому вартість виконання робіт значно зростає. Іншими ефективними методами підсилення фундаментів є підсилення ґрунтів основи (рис.1.2) [12,13]. Існує великий вибір хімічних реагентів, здатних закріпити ґрунт основи на достатньо довгий період часу.

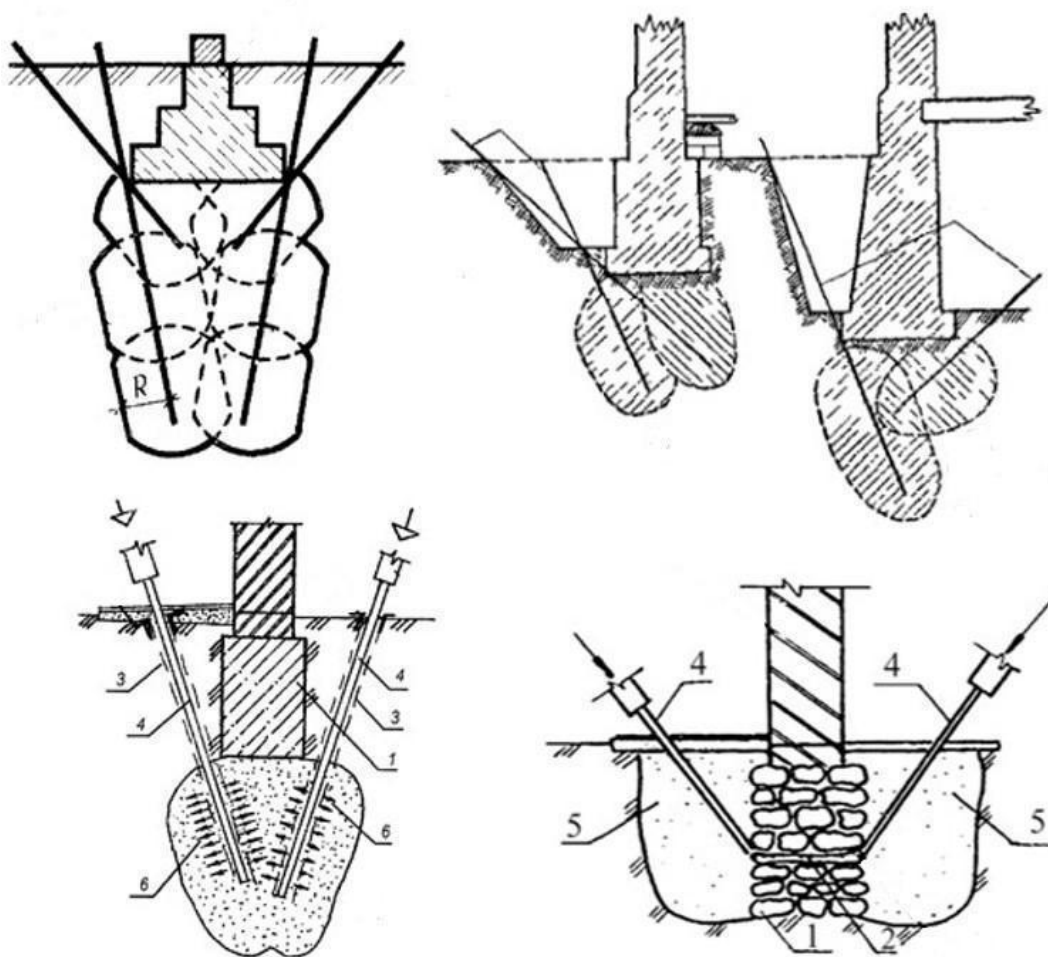


Рис.

1.2 Способи хімічного закріплення ґрунтів основи: 1-існуючий фундамент; 2-хімічний розчин; 3-свердловина; 4-труба якою подається розчин; 5-закріплений ґрунт; 6-форсунки.

Хімічні способи закріплення мають ряд переваг: високий рівень механізації робіт; низька трудомісткість, порівняно невисока вартість матеріалів. Недоліками таких методів є неконтрольований процес хімічного закріплення основ в умовах слабких ґрунтів, а також при наявності існуючих комунікацій щільної забудови міста.

1.2 Сучасні методи підсилення основ і фундаментів у світовій практиці.

У світовій практиці дедалі частіше застосовують нові способи підсилення основ і фундаментів. Останні роки розробляються нові технології та принципові методи підсилення фундаментів як в свою чергу мінімізують ручну роботу та мають високий ступінь механізації. Одним з таких методів є підсилення фундаментів за допомогою ін'єкційних та бурін'єкційних паль [14], які проходять крізь існуючий фундамент (рис.1.3; рис.1.4). При цьому залізобетонну плиту включають у спільну роботу з існуючим фундаментом.

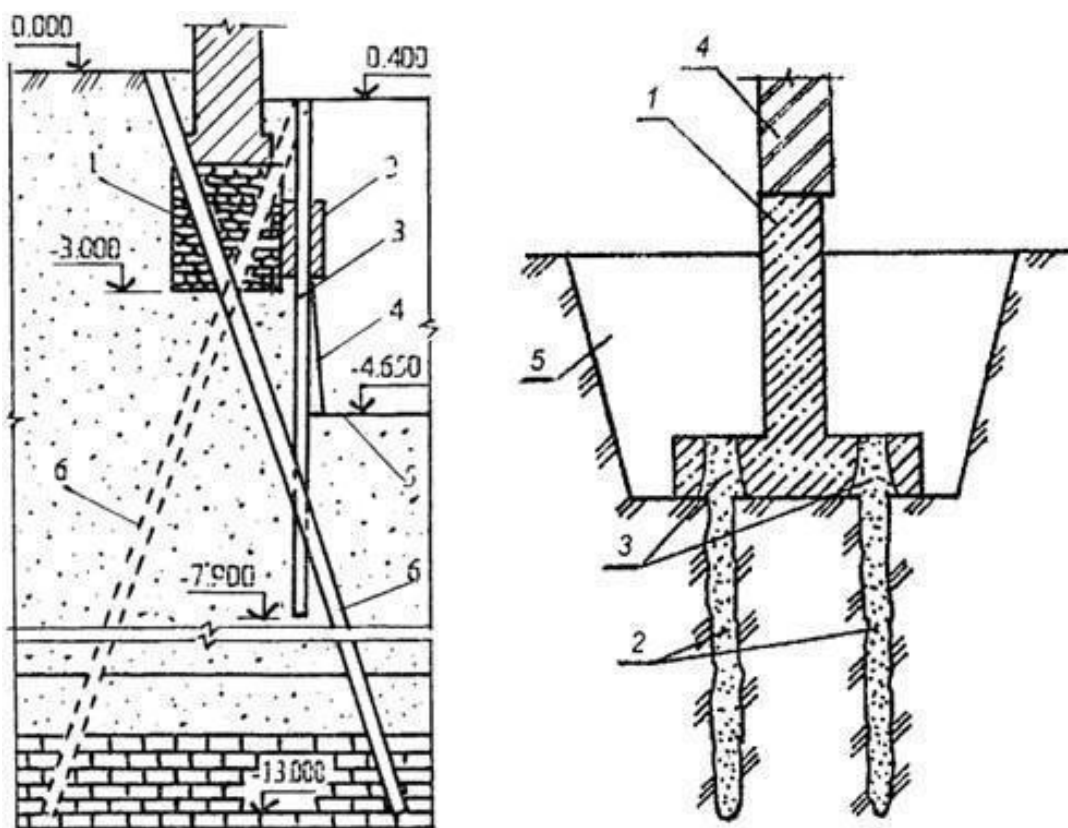


Рис. 1.3 Приклади підсилення фундаментів бурін'єкційними палями: 1-існуючий фундамент; 2-ростверк; 3-паль підпірної стіни; 4-відкіс котловану; 5-дно котловану; 6-похилі бурін'єкційні палі;

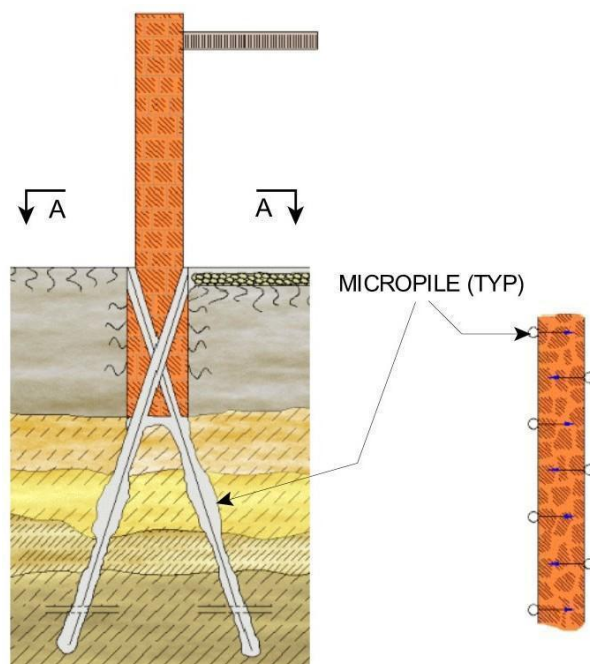


Рис. 1.4 Підсилення фундаментів буроін'єкційними мікропаллями:

В умовах щільної забудови міст є необхідність розроблення методу підсилення фундаментів для специфічних геологічних умов, який би дозволив без суттєвих руйнувань існуючих будівель, з максимальним їх збереженням, підсилити існуючі фундаменти та дозволити збільшити навантаження на будівлю надбудовою додаткових поверхів або мансардних приміщень. Особливо ефективним в такому випадку є застосування мікропаль (рис.1.4), [15–17].

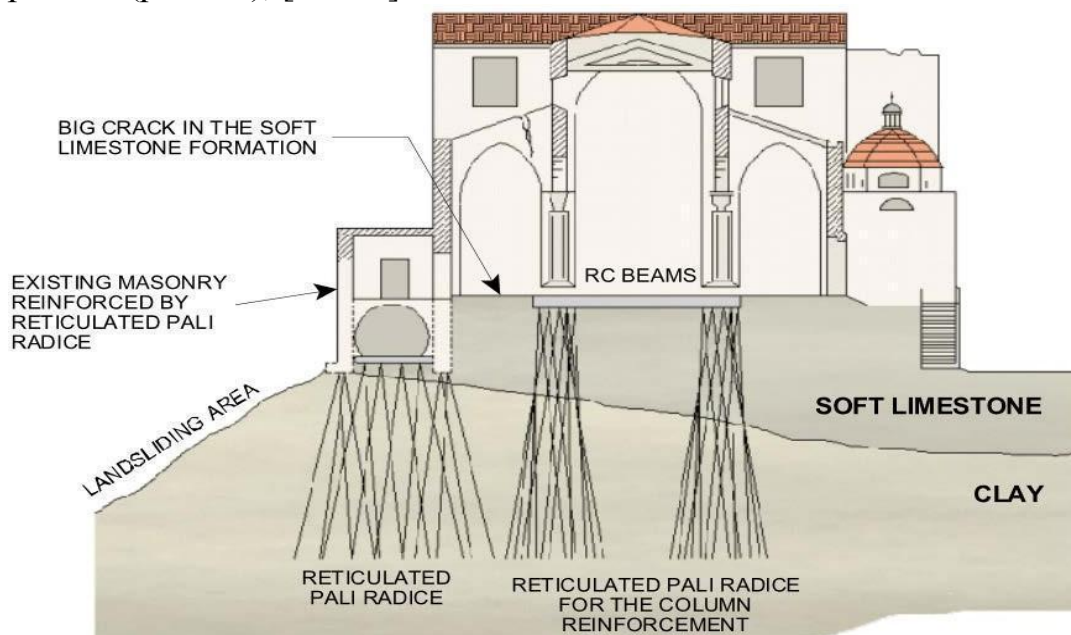


Рис. 1.5 Принцип влаштування підсилення фундаментів історичної будівлі мікропаллями[16]

Одним із варіантів використання подібних паль є застосування їх разом з монолітними плитами у підвальних приміщеннях будівель. Плита заводиться в стіни фундаменту будівлі за допомогою штраб та з'єднується з ними. Плита разом з палями виконує стабілізуючу функцію для каркасу будівлі, включення в роботу тільки плити дає можливість перерозподілити навантаження на основи. А раціональний розподіл паль в межах монолітної плити дає можливість стабілізувати нерівномірні осадки будівлі, а відповідно і її нахил.

Проте сьогодні, поряд з вимогами надійності фундаментів і технологічності їх виконання, великий вплив на вибір того чи іншого типу фундаментів має економічна доцільність їх влаштування та відповідність вимогам природоохоронного законодавства, що передбачає проведення робіт з низьким рівнем шуму та малими енерго- і трудовитратами.

Цим вимогам повністю відповідають мікропалі, що влаштовуються методом безударного вдавлення.

Мікропаля – залізобетонна паля круглого, прямокутного або трапецеїдального поперечного перерізу площею до 300 см² і завдовжки до 6,0м.

В роботах іноземних авторів було досліджено підсилення існуючих фундаментів мікропалями, що вдаювалися в ґрунт. Так, в роботі описано підсилення існуючих фундаментів будівлі спортивного залу (Варшава) трубобетонними вдавленими мікропалями в умовах обмеженого простору та існуючих споруд (рис.1.6). Технологія підсилення полягала у виконанні наступних робіт. Спершу секції металевих паль, заповнених ін'єкційним вяжучим розчином, вдавливали в ґрунт на необхідну глибину (рис.1.8). Зусилля вдавлення паль передавали на залізобетонну монолітну балку, яку попередньо виконали, щоб унеможливити зминання цегляних стін. Після влаштування мікропаль, штраби в стінах і фундаментах замонолічували та замурували (рис.1.7). Крок паль - 1,5 м; Максимальне розрахункове зусилля на мікропаль – 120 кН. Довжину паль було прийнято згідно розрахунку і геологічних умов (максимальна довжина паль – 6 м).

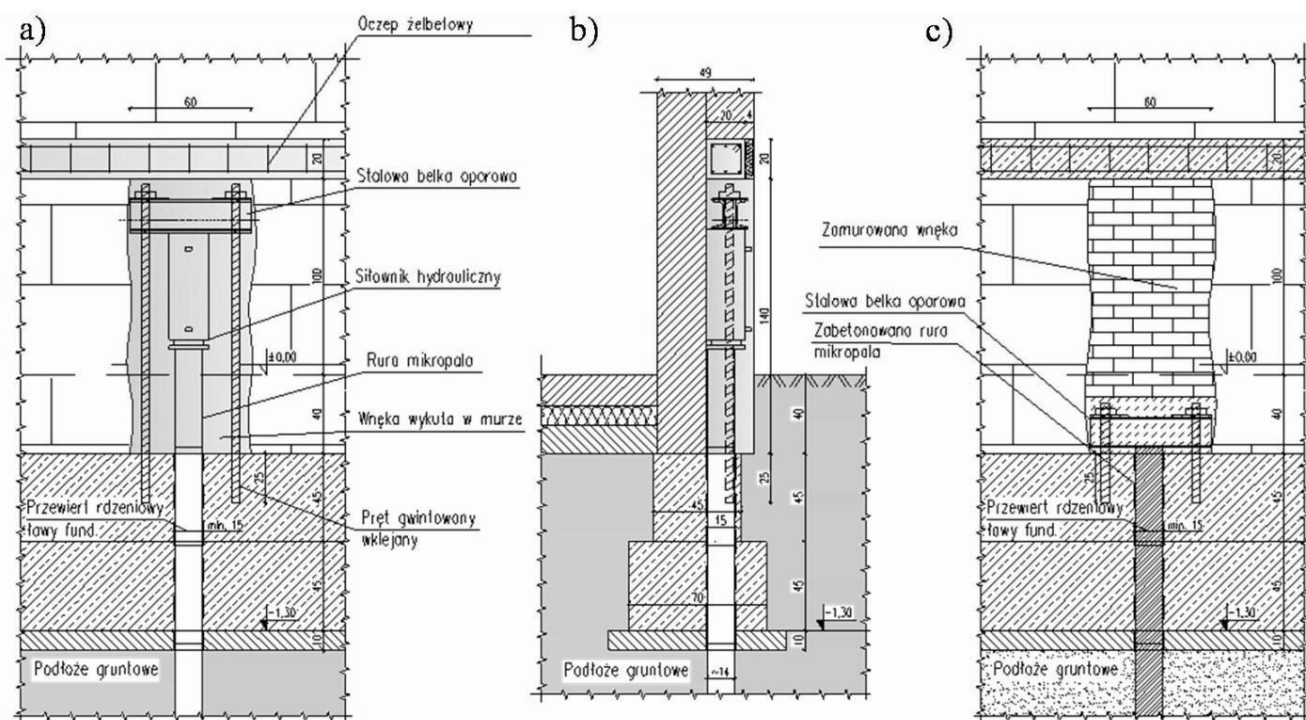


Рис. 1.6. Схема підсилення фундаментів: а) схема виконання підсилення фундаментної стрічки; б) розріз по фундаментній стрічці; в) фронтальний вигляд фундаментної стрічки після виконання підсилення.[40]

В результаті виконаного підсилення фундаментів мікропаллями, осідання паль після 6 місяців експлуатації знаходилися в межах нормативних значень похибки, а економічний ефект даного підсилення більше як в 3 рази дешевший ніж інші альтернативні методи підсилення основ і фундаментів

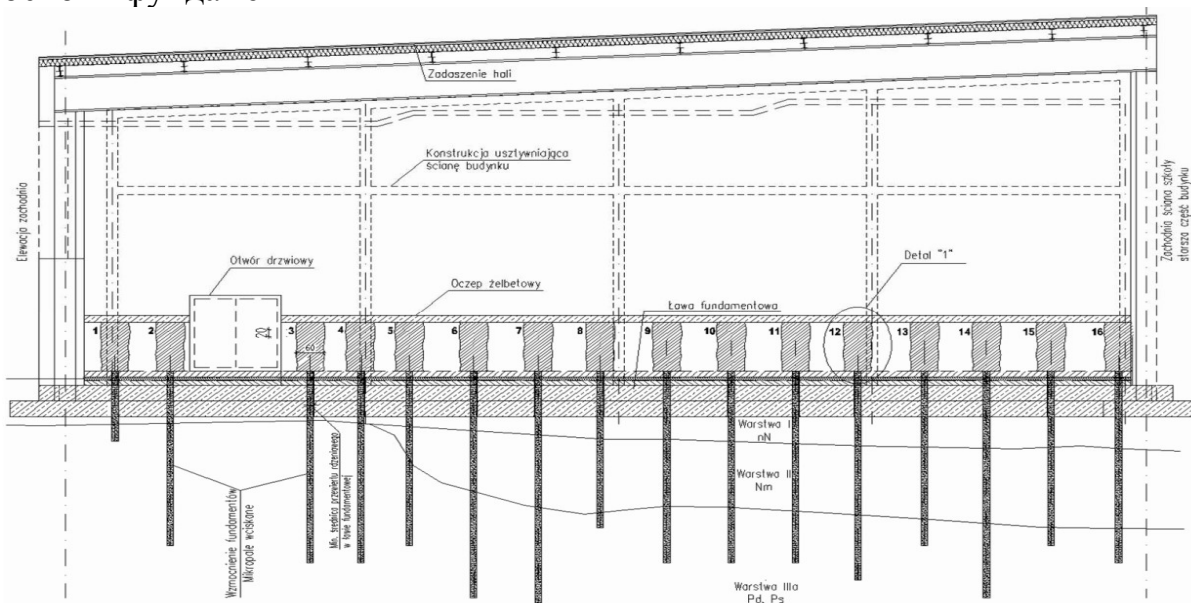


Рис. 1.7. Розріз по споруді[40]



Рис. 1.8. Процес вдавлювання мікропалі (фото) [40]

У роботі [39] описано практичний досвід виконання підсилення фундаментів для стабілізації осідань історичного будинку в м.Краків (рис.1.9).

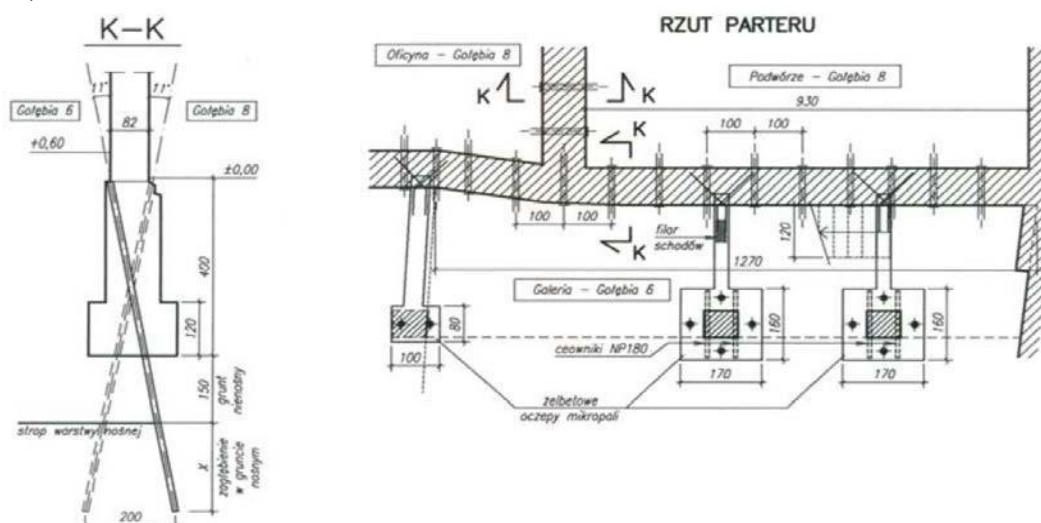


Рис. 1.9. Схема підсилення фундаментів історичного будинку в м.Краків[39]

В умовах щільної історичної забудови міста Краків, даний метод підсилення фундаментів мікропальми був досить ефективним, менш трудомістким у виконання (порівнянно з іншими методами підсилення фундаментів), а також сприяв зменшенню усадок будівлі, що в свою чергу запобігає поширенню тріщин в несучих та огорожуючих конструкціях споруди.

Дослідженням спільної роботи «кущів» мікропальми присвячено роботи іноземних авторів[16]. Зокрема в цій роботі описано позитивний ефект підсилення фундаментів «кущем» мікропальми. Оскільки навантаження від споруди передається на масив ущільненого і підсиленого мікропальми ґрунту, а не на окремі мікропали, це дає в порівнянні значно кращий ефект для зменшення осідання (рис.1.10).

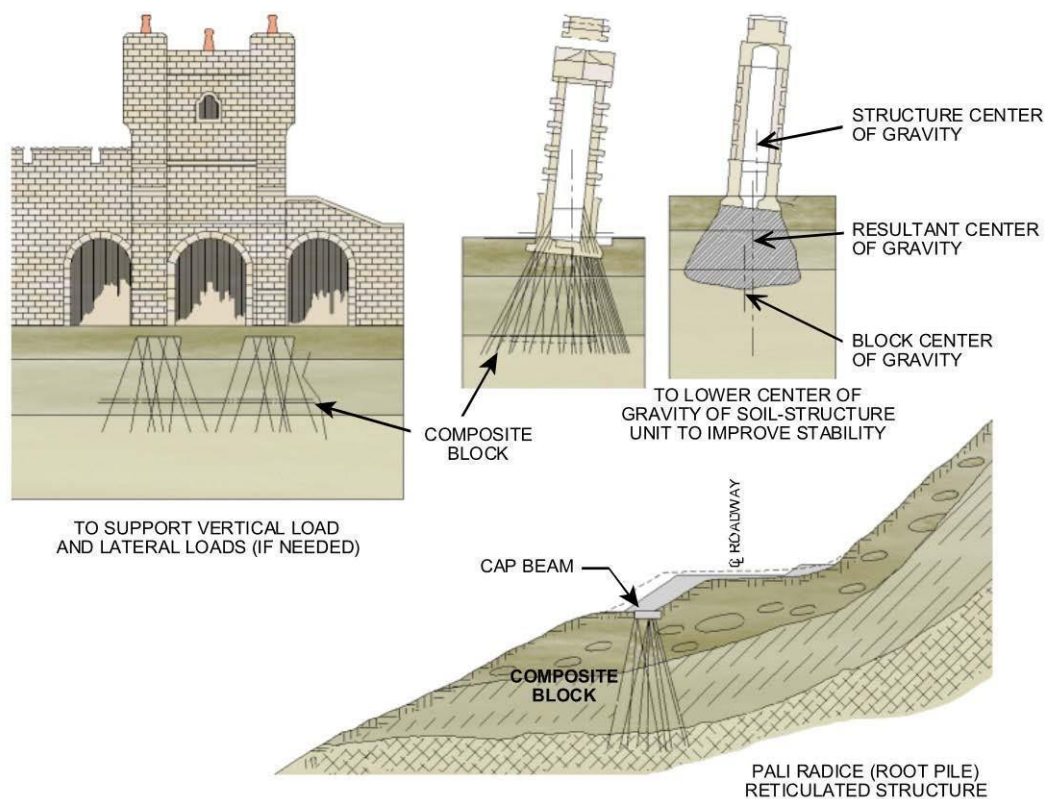


Рис.1.10. Схема підсилення фундаментів «кущем» мікропальми.

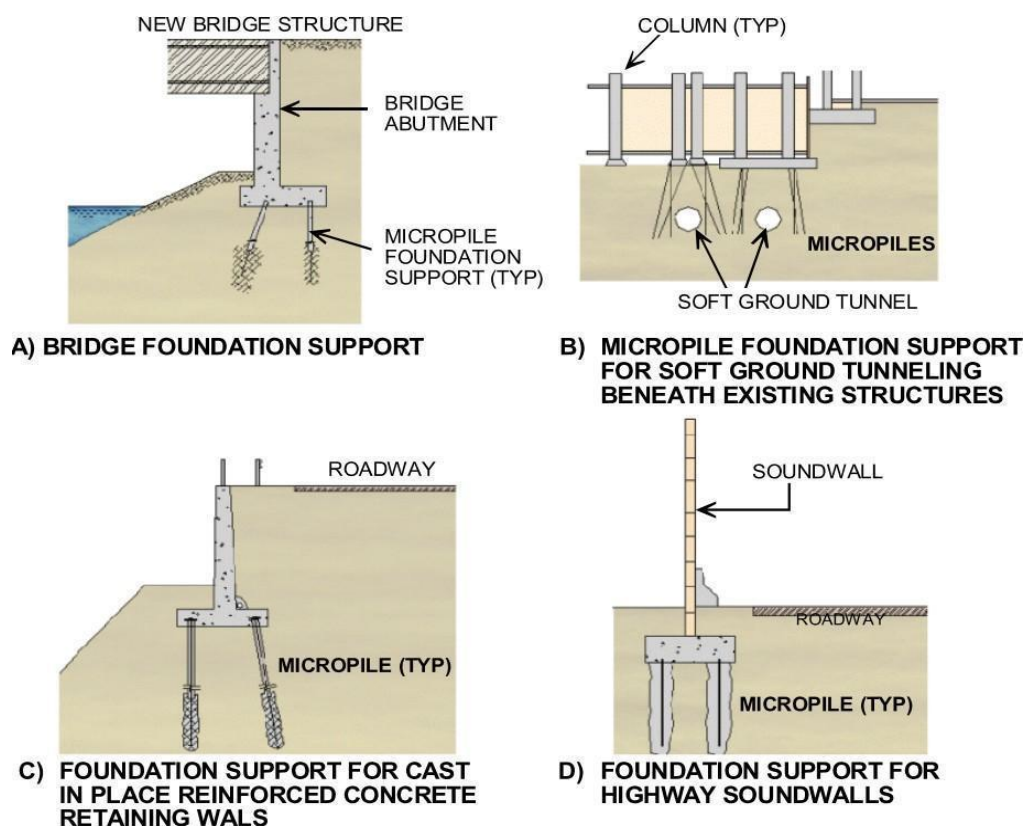


Рис.1.11. Приклади застосування мікропаль для будівництва інженерних споруд.

Пальові фундаменти в існуючих будівлях слід влаштовувати без значних динамічних впливів на основу. В протилежному випадку це може призвести до нерівномірних осадок та розвитку тріщин в будівлі, яка підсилюється, та сусідніх будинках. Тому, найбільш раціональний метод – це вдавлювання багатосекційних паль в ґрунт безпосередньо з підвальних приміщень. Саме тому актуальним є використання металевих труб, які вдавлювалися в ґрунт, з наступним вкладанням у них арматурних стержнів та заповненням їх бетоном. Металева труба вдавлюється в ґрунт окремими секціями, довжина яких визначається висотою підвалу та особливостями технологічного обладнання.

В результаті вивчення літературних джерел, застосування мікропаль для підсилення та нового будівництва має широке застосування у світовій практиці, проте використання мікропаль в Україні стримується недостатнім рівнем існуючих методик їх розрахунку. Це насамперед пов'язано з недостатнім рівнем вивчення взаємодії вдавлюваної палі з ґрунтом основи та будівлею.

Подальший розвиток і вдосконалення пальових фундаментів, зокрема із технології вдавлювання паль, можливий лише при детальному вивченні взаємодії паль даного виду з оточуючим ґрунтом та розробці надійних і точних методів та алгоритмів їх розрахунку при реконструкції.

1.3 Мікропалі та їх види

1.3.1 Технологія MESI

Мікропалі системи MESI виконуються із сталевих труб високої якості, які в місцях передачі навантажень мають спеціальні сопла. Такий спосіб дає можливість отримати елемент пального фундаменту високої міцності за матеріалом і високої несучої здатності по ґрунту, що є результатом декількох ін'єкцій у підставі такої палі. Оскільки ін'єкція виконується багаторазово, підстава навколо ін'єкційної труби піддається додатковому ущільненню, що покращує умови роботи мікропалі. Складена з показаних нижче на рисунку елементів, система мікропаль є легкоприспособлюваною до конкретних ґрунтових умов і умов будівництва. Система складається з товстостінних сталевих труб стандартної довжини 1.0, 2.0, 3.0 м. Ці труби з'єднані за допомогою муфт і трапецеїдальної різьби. На певній довжині труби мають ін'єкційні сопла

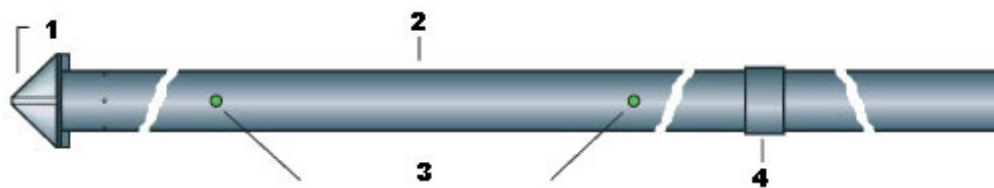


Рис.1.12. 1 - втрачається наконечник 2 - ін'єкційні труба

3 - ін'єкційні сопла 4 – муфта

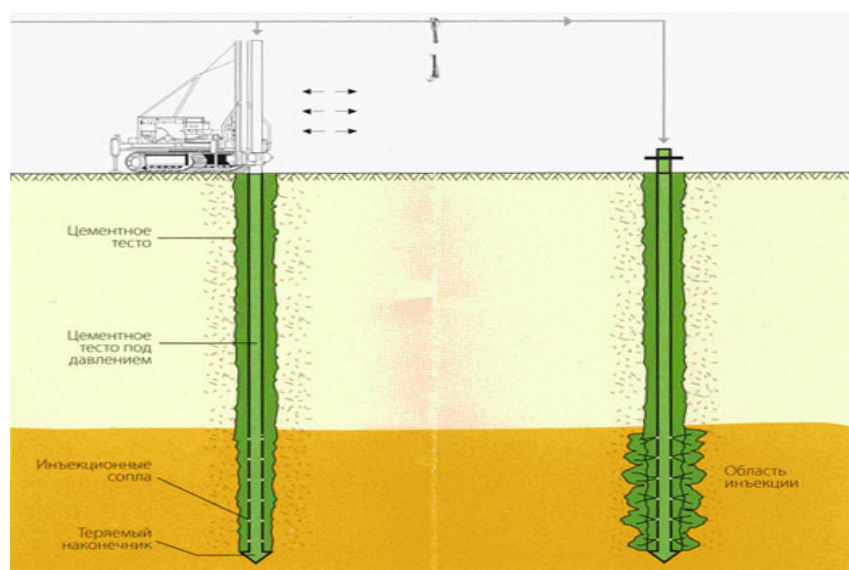


Рис.1.13 Процес виконання мікропаль MESI

Занурення ін'єкційної труби мікропалі MESI виконуються спеціальними машинами. Вони обладнані спеціальними ударними молотами, що дають можливість занурення ін'єкційних труб навіть поблизу існуючих об'єктів. Завдяки конструкції лафета, мікропалі можуть бути завантажені в основу під будь-яким кутом. Під час забивання, контролюється їх опір навантаженням, що дає можливість пристосувати довжину мікропаль до реальних умов ґрунту.

Завдяки використанню втрачаються наконечників, діаметром більшим діаметра ін'єкційної труби, утворюється суцільний кожух з цементної суміші товщиною близько 2 см.

Багатоступенева ін'єкція

Головною перевагою мікропалі MESI є можливість виконання багаторазової ін'єкції, з метою з'єднання ствола мікропалі з основою. Ця ін'єкція дозволяє оптимальним способом, шляхом тертя по боковій поверхні і вістря палі, передати розтягують і стискають навантаження на навколишнє його ґрунтову основу. Розташування ін'єкційних сопел в зоні передачі навантажень, залежить від ґрунтових умов і величини самих навантажень.

Переваги використання системи MESI:

- Можливість адаптації до фактичних навантажень і ґрунтових умов.
- Можливість отримання дуже високої несучої здатності мікропалі, завдяки виконанню багатоступених ін'єкцій (незважаючи на мікропалі малого діаметра).
- Можливості виконання мікропалі під будь-яким кутом.
- Висока несуча здатність як на стиск, так і на розтяг, можливість до передачі згинальних моментів.
- Висока продуктивність.
- Невеликі розміри машини дають можливість виконувати мікропалі у важкодоступних місцях і обмежених просторах

1.3.2 Мікропалі (систем Titan і GSI)

Бурові мікропалі складаються з центрально розташованого несучого елемента у формі нарізний труби, а також ін'єкційної булав з цементної

суміші. Через ін'єкційну булаву розтягують і стискають навантаження передаються з несучого елемента на ґрунтову основу. Ін'єкційна булава передає радіальні напруги в ґрунті і обмежує поздовжній вигин, а також захищає сталевий елемент від корозії. Завдяки отворам з певною розстановкою, гарантується суцільний цементний кожух товщиною мінімум 2 см. У зв'язку з дуже хорошим з'єднанням ін'єкційної булав з навколишнім підставою (висока міцність на зріз), переміщення палі, необхідне для активного тертя на торці, має тільки кілька міліметрів. Бурові мікропалі виконуються невеликими установками, вимагають невеликих діаметрів бурових отворів, не дають великих обсягів будівельного сміття. Коливання і вібрації також невеликі. Все це дозволяє говорити про дешеву і безпечної організації будівельного процесу. Сталева труба при цій методиці, одночасно є буровою трубою, ін'єкційною трубою, а також арматурою. Таким чином, немає необхідності виконання свердловин в обсадних трубах, видалення обсадної труби, а також установки арматури. Завдяки виконанню бурових мікропаль системи Titan або GSI в одному технологічному процесі, можна подвоїти щоденну продуктивність по відношенню до створення традиційних мікропаль. Бурові труби виробляються діаметром від 30 до 150 мм, можуть бути довільно нарізаними і з'єднуватися по довжині. Це дає можливість сформувати оптимальну по довжині і діаметру мікропаль. Для агресивних ґрунтів застосовуються бурові труби, оцинковані або з нержавіючої сталі типу INOX.

Мікропалі GSI – це палі, в яких армування виконано зі стрижнів типу GEWI (гарячекатані сталеві стрижні періодичного профілю). Мікропалі цього типу виконуються шляхом буріння в ґрунті свердловин відповідних діаметрів і глибини в кожусі з цементної суміші.

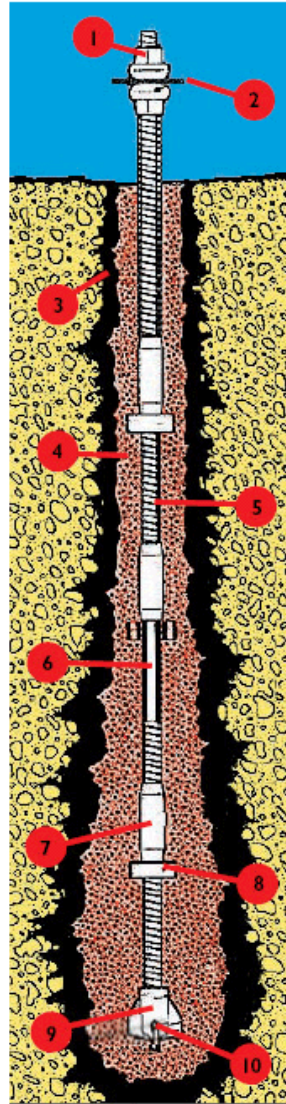


Рис.1.14 1. системні гайки 2. опорна плита 3. зона петрифікації (ефективний діаметр) 4. ін'єкційна булава (цементний камінь) 5.ін'єкційний анкер 6. мийний канал 7. муфта (mufa) 8. з'єднувач 9. бурова коронка 10.мийний отвір

Технологія виготовлення. Буріння. Весь процес виконання елемента відбувається на одному технологічному етапі з вживанням стандартного бурового обладнання. Бурова труба одночасно є буровим та ін'єкційним приводом. Одночасно з початком буріння, проводиться вступна ін'єкція (внутрішнім отвір бурової труби під тиском 5-10 бар), вдавлює мийної цементною сумішшю (при ставлення В / Ц -0,7 -0,8). Цементна суміш, проникаючи в структуру ґрунту стабілізує стіни свердловини, усуваючи необхідність застосування обсадних труб. При цьому, бурова труба разом із з'єднувачами (муфтами) залишається в свердловині, виконуючи функцію армування мікропалі.

Ін'єкція. Після досягнення заданої глибини, виконується завершальна ін'єкція. За постійно обертається бурової трубі під тиском подається цементна суміш у відношенні В / Ц - 0,4-0,5. Суміш поступає в ґрунт через отвори, які знаходяться в буровій коронки. Ін'єкцію проводять від дна бурової колонки вгору. Це дає можливість бути впевненими у правильному заповненні сумішшю свердловини разом з усіма можливими щілинами, тріщинами або кавернами.

Переваги виконання мікропаль:

- Простота виконання (одночасне буріння та ін'єкція, використання бурового стрижня як армокаркаса, можливість буріння без застосування обсадних труб);
- Можливість виконання паль під будь-яким кутом дозволяє ефективно сприймати навантаження не тільки стиск, але і на розтяг;
- Висока продуктивність системи та можливість використання легкого обладнання дозволяє виконувати мікропалі у важкодоступних місцях і обмежених просторах.

1.3.3 Палі fundex, vibrex (вібрекс), tubex (тюбекс)

Палі FUNDEX виготовляються за допомогою оригінальних спеціалізованих копрових установок обертально-втискувальної (витягувальної) дії виробництва з продуктивністю до 20 паль на добу для однієї установки. Діаметр стовбура палі може бути 380,450,520 мм, довжина палі - до 34,0 м.

П'ятої майбутньої палі служить “черевик”, що «втрачається» (який залишається потім у ґрунті) чавунний гвинтовий наконечник, який виставляється в заданій точці поверхні ґрунтової основи.

До наконечника штиковим з'єднанням через потрібну гідроізолюючу м'яку прокладку кріпиться нижній кінець штатної бурової товстостінної труби, верхній кінець якої затиснутий в силовому робочому органі бурового столу, що переміщається по напрямній стрілі.

Забій для майбутньої палі створюється шляхом обертально-втискається занурення системи «наконечник-бурова труба» до заданої проектом позначки п'яти палі. В процесі впровадження системи в основу ґрунт розсовується в радіальному напрямку від осі свердловини і одночасно ущільнюється. Тим самим забезпечується більш тісний контакт

бетону, що укладається з циліндричною ґрунтової поверхнею забою. Усередині труби залишається вільний повітряний простір. Після досягнення наконечником проектної позначки порожнину перевіряється на відсутність в ній води.

У суху порожнину через відкритий верхній кінець бурової труби опускається заздалегідь підготовлений арматурний каркас. Для запобігання розшарування бетонної суміші, яка подається в порожнину труби, спочатку туди подається порція (300 л) праймера, що складається з однієї частини цементу, однієї частини піску і однієї частини води. Потім проводиться порційне заповнення порожнини пластичним бетоном на дрібному (5-20 мм) заповнювачі з осадкою конуса при укладанні 12-14 см.

Витяг бурової труби з ґрунту проводиться шляхом її зворотно-поступального обертання з одночасним додатком до неї постійного витягує осевого зусилля.

По завершенні циклу в ґрунтовій підставі плями майбутньої будови залишається залізобетонна суцільна монолітна паля, яка буде готова до сприйняття розрахункового навантаження після набору бетоном необхідної міцності.

Переваги паль FUNDEX:

- Відмова від паль заводського виготовлення і пов'язаних з їх використанням операцій (доставка, складування, підйом на копер, стикування і т.п.)
- Повна відсутність динамічних дій на ґрунтовий масив підстави в процесі виготовлення паль, що важливо з точки зору безпеки прилеглих будівель, особливо в обмежених умовах забудови.
- Збереження природного складання ґрунтів без послаблення їх фізико-механічних властивостей.
- Набагато вища, ніж у забивних паль, несуча здатність по ґрунту (за рахунок ущільнення ґрунтового масиву в процесі виготовлення паль).
- Відсутність робіт з видалення ґрунту з порожнини бурової труби і необхідності його вивозу з будмайданчика.
- Висока продуктивність палевих робіт.
- Оперативний контроль технологічних операцій у процесі виготовлення палі.

- Низький рівень шуму роботи спеціалізованої копровий установки.

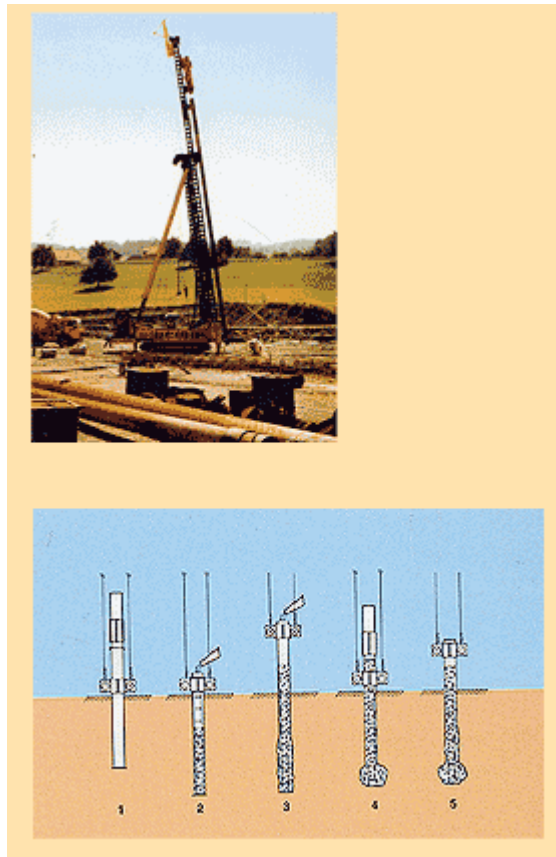


Рис.1.15 Палі VIBREX

Палі VIBREX (ВІБРЕКС) на відміну від палей FUNDEX застосовуються в більш щільних ґрунтах і в тих випадках, коли за умовами знаходження будівельних майданчиків допускається використання ударно-вібраційного способу виготовлення палей.

Для виготовлення палей використовуються сучасні високопродуктивні копрові (бурові) установки, обладнані дизельними молотами і спеціальними вібраторами з кільцевими обхватами обсадної труби.

При цьому, залежно від ступеня щільності ґрунтів основи, використовуються дизель-молоти марок D12, D22, D30 і D36 виробництва DINMARK (Німеччина).

Максимально можлива довжина палі - 30,0 м. Діаметр стовбура палі - від 370 мм до 640 мм.

Технологія виготовлення палі складається в наступному:

У заданій точці ґрунтової поверхні пального підстави виставляється плоский круглий сталевий втрачається наконечник з кільцевим буртиком,

до якого з використанням еластичних герметизуючих прокладок подстикується інвентарна обсадна труба, встановлена копровий установці. За допомогою дизель-молота закрита знизу обсадна труба занурюється на задану проектом глибину, або до отримання «відмови». (Розрахунок відмови виробляється для кожного об'єкта окремо в залежності від характеристик ґрунту і застосовуваного дизель-молота.) У суху порожнину труби на необхідну позначку вивішується арматурний каркас. Центрування каркаса в обсадній трубі здійснюється розташованими по зовнішньому діаметру каркаса фіксаторами, що забезпечують необхідний захисний шар бетону. Потім порожнина заповнюється пластичним бетоном із заданими характеристиками по проекту, після чого обсадна труба в певних режимах на різних відмітках витягується з масиву ґрунтової основи за допомогою спеціального штатного вібратора, вплив якого сприяє формуванню дуже якісного стовбура палі.

У разі необхідності можуть бути виготовлені палі Super Vibrex підвищеної несучої здатності, яка забезпечується за рахунок розширеної п'яти палі.

Для формування розширеної п'яти палі обсадна труба після її заглиблення до проектною відмітки і заповнення бетоном підводиться на 2 м, дозаповнюється бетоном, знову забивається до проектною позначки і, лише потім, витягується остаточно.

Переваги палей VIBREX:

- Відсутність необхідності мати палі заводського виготовлення.
- Висока несуча здатність до 500т.
- Висока продуктивність виготовлення - до 20 палей на добу.
- Відсутність виїмки і необхідності відвезення ґрунту.
- Можливість виготовлення похилих палей.
- Дозволяє легко виконувати влаштування палей у разі істотних змін глибини залягання опорного шару.
- Висока точність виготовлення палей в плановому положенні.

Палі TUBEX (ТЮБЕКС) мають такі характерні особливості:

- До складу конструкції палей входять залишаються в ґрунтовій підставі сталеві тонкостінні труба-оболонка стовбура палей і приварений до неї в

нижній частині сталевий гвинтовий наконечник.

- Для виготовлення палей використовуються спеціальні малогабаритні установки, що дозволяють проводити роботи в підвальних та інших приміщеннях заввишки 2 м і більше, а також під мостовими переходами, в тунелях і тому подібних ситуаціях. Необхідна при цьому довжина палі формується за рахунок послідовного нарощування пілотної частини палі секціями довжиною по 1,5 м і більше зварюванням встик. Зазвичай використовуються палі поперечних розмірів (зовнішній діаметр стовбура / діаметр наконечника, мм): 220/300, 324/450, 406/560, 457/670.
- Можливість використання на більш щільних, порівняно з палями FUNDEX, ґрунтових підставах і можливість проходження крізь стару цегляну кладку.
- Один з найбільш ефективних способів посилення і реконструкції фундаментів існуючих старих будівель і споруд.
- Можливість застосування ін'єкційних палей TUBEX з бетонним розширенням в нижній частині палі, що володіють підвищеною несучою здатністю.
- Продуктивність до 30 палей на добу.

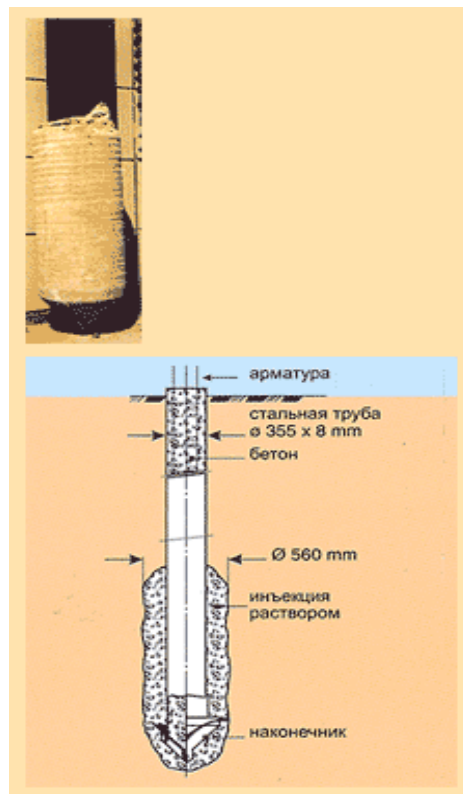


Рис.1.16 палі TUBEX

Технологія виготовлення палей TUBEX полягає в наступному:

Сталевий гвинтовий наконечник приварюється до стартової секції сталевій труби, утворюючи разом з останньою пілотну частину палі. Пілотна частина палі занурюється в ґрунтову основу за рахунок одночасної дії вдавлювання і загвинчування. Для формування необхідної довжини палі пілотна частина послідовно нарощується секціями труби за допомогою зварних з'єднань встик. Ґрунт підстави розсовується рівномірно в радіальних напрямках, ущільнюючись по всій глибині і сприяючи підвищенню несучої здатності палі по ґрунту. Після заглиблення п'яти палі на проектну відмітку у верхній частині порожнини палі вивішується арматурний каркас і порожнину труби заповнюється пластичним бетоном. Відмінність ін'єкційних палей TUBEX полягає в тому, що в процесі занурення труби через спеціальну трубку, що проходить всередині труби і закінчується зовнішнім отвором в наконечнику, нагнітається водно-цементна суміш, яка по-перше, служить мастилом між зовнішньою поверхнею труби і навколишнім ґрунтом, полегшуючи тим Найкращі проходження крізь нього, і, по-друге, може сформувати розширену нижню частину палі заданої висоти.

Переваги палей TUBEX:

- Можливість застосування на відносно щільних ґрунтових підставах і в просторах, обмежених зверху по висоті.
- Підвищена несуча здатність по ґрунту.
- Висока продуктивність робіт.
- Підвищена корозійна стійкість в агресивних середовищах.
- Ефективний спосіб посилення і реконструкції зношених фундаментів існуючих будівель і споруд.

За кордоном палі TUBEX, незважаючи на їх більш високу вартість, застосовуються настільки ж широко, як і палі FUNDEX, особливо в галузі будівництва транспортних споруд і фундаментів внутрішньозаводських надземних трубопроводів.

Висновки до 1 розділу

За результатами огляду літературних джерел та технічної літератури можна зробити наступні висновки про підсилення фундаментів:

- існуючі, традиційні методи підсилення фундаментів є трудомісткими та вартісними в умовах щільної забудови. В такому випадку, підсилення способом вдавлювання мікропаль є дешевшим і менш трудомістким, ніж класичні види підсилення;
- виконання даного типу підсилення можна проводити без зупинки будівництва, що є економічно вигідним та важливим фактором ;
- метод підсилення вдавлюваними мікропалями досить ефективно збільшує несучу здатність фундаменту.
- цей метод можна застосовувати під час підсилення, реконструкції та модернізації будівель, зміни їх цільових призначень та приведення стану будівель відповідно до діючих норм проектування;
- запобігання негативного впливу на прилеглу забудову як в процесі влаштування фундаментів, так і при подальшому їх завантаженні, що підтверджується візуальними та інструментальними спостереженнями;
- суттєвий економічний ефект за рахунок зменшення обсягів демонтажних і земляних робіт, оскільки нові ростверки влаштовуються, в основному в тілі існуючих стін підвалу;

2. МЕТОДИКА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ МІКРОПАЛЯМИ

2.1 Методика підсилення фундаментів мікропалями

Відомо, що фундаменти пальової конструкції під час їх проєктування та розрахунку державними нормами рекомендується розглядати як умовно суцільні (ДБН В.2.1-10-2009, 2010; ДБН В.2.1-10:2018, 2018). Однак, застосування мікропаль, наприклад, створених на основі бурозмішувальної або буроін'єкційної технологій (Zotsenko, N., Vynnykov, Yu., & Zotsenko, V., 2015; Зоценко, М. Л., Винников, Ю. Л., & Зоценко, В. М., 2016; Петренко, Харченко, Терещук, & Петров, 2020), потребують обґрунтування цієї тези.

В загальному випадку, під час застосування аналітичних або чисельних методів розрахунку фундаментів, підсилених мікропалями, слід визначитися з моделлю основи, з якою вони контактують (Винников, 2004; Зоценко, М. Л., Винников, Ю. Л., & Зоценко, В. М., 2016).

Таке визначення потрібне для того, щоб врахувати дію мікропалі на загальний напружено-деформований стан, оскільки вибір моделі (пружний півпростір, шар кінцевої товщини, різні основи типу вінклерівської або пастернаковської тощо) суттєво впливає на розрахункову область та спосіб визначення напружень та переміщень.

На даний час для розрахунку основ по деформаціям широко використовується модель Н. М. Герсєванова, який запропонував для визначення напружено-деформованого стану використовувати співвідношення лінійної теорії пружності, а при ущільненні ґрунту виділяти три фази (Зоценко, Коваленко, Хілобок, & Яковлєв, 2004):

- фазу ущільнення та місцевих руйнувань;
- фазу інтенсивних зрушень та ущільнення в сторони від зон пластичної деформації;
- фазу загального зсуву із виникненням випирання ґрунту.

Фундаменти, в тому числі ті, що підсилюються мікропалями, проєктуються таким чином, щоб навантаження на основу не перевищувало певної межі, яка дозволяє проводити розрахунки за деформаціями у фазі ущільнення. Таким чином, при заміні модуля пружності на модуль загальної деформації, що враховує пружні і пластичні (залишкові)

деформації, вдається забезпечити несучу здатність фундаменту з урахуванням властивостей ґрунту, а також виконувати розрахунки в більшому діапазоні тисків.

На ранньому етапі використання моделі Н. М. Герсєванова для вирішення практичних завдань виникли такі проблеми, що полягають у врахуванні:

- конструктивних та технологічних особливостей фундаментів будівель і споруд, що розраховуються;
- жорстких характеристик фундаментів;
- малого терміну випробувань та швидкого завантаження ґрунтових зразків порівняно з терміном експлуатації споруд та часом застосування до основи навантаження.

Слід зазначити, що це вище перелічене певною мірою враховано і усунуто під час створення нормативних документів. Над цим працювали кілька поколінь дослідників, деякі з них відмовилися від моделі Н. М. Герсєванова на користь іншої, що більш повно враховує ті чи інші особливості деформування ґрунтових основ.

Ґрунти, з яких складається основа, як правило, мають природне походження зі складною історією утворення. Отже, фізико-механічні властивості різних видів ґрунтів можуть відрізнятися. При описі поведінки ґрунтів під навантаженням використовуються моделі дискретного та суцільного середовища. Для останнього найбільш відпрацьованою є теорія фільтраційної консолідації в рамках лінійної пружної консолідуючого середовища, яка була сформульована і вирішена для компресійного завдання К. Терцаґи. Як рівняння стану середовища було прийнято закон Гука. Оскільки завдання вирішувалося при постійному навантаженні, проблему вдалося звести до отримання значень порового тиску з подальшим визначенням напружень в ґрунтовому скелеті і його переміщень (Зоценко, Коваленко, Хілобок, & Яковлєв, 2004; Шве́ц, Шаповал, Петренко, & al., 2008).

Отримані К. Терцаґи рішення при тих чи інших припущеннях використовуються в інженерній практиці і зараз. Однак прийняті ним співвідношення не дозволяють врахувати ряд особливостей ущільнення реальних ґрунтових основ (загасання епюри вертикальних напружень по глибині та просторовий характер роботи ґрунтових основ фундаментів). У зв'язку з цим з'явилася низка інженерних методів, суть яких полягає у пошуку компромісу між фактичним напружено-деформованим станом ґрунту та отриманими в рамках компресійного завдання рішеннями.

Найбільш досконалими даними серед методів є запропонований Н. А. Цитовичем метод еквівалентного шару, суть якого зводиться до побудови рішення ґрунту, що знаходиться в умовах компресійного стиснення під впливом розподіленого визначеним чином по глибині об'ємного навантаження. При цьому закон зміни об'ємного навантаження відповідає епюрі розподілу вертикальної нормальної напруженості, розрахованого для випадку просторового завдання. Необхідно відзначити, що такий підхід, однак, не дозволяє повністю відобразити фактичний характер ущільнення ґрунтових основ, що знаходяться під впливом місцевого навантаження (дія мікропалі), оскільки при компресії немає можливості відтоку порової рідини в горизонтальному напрямку

Найбільшого поширення на практиці розрахунку конструкцій на пружній основі, зокрема фундаментів, отримав метод Б. Н. Жемочкіна. Пружна основа Б. М. Жемочкін представляє системою вертикальних зв'язків (стрижнів), розташованих по лінії контакту основи та фундаменту, що зумовлює спільність деформацій системи у цій зоні. Жорсткість зв'язків характеризує умова спільної роботи пружної основи та фундаменту і в загальному випадку може бути змінною в плані (Швец, Шаповал, Петренко, & al., 2008).

Використовуючи змішаний метод будівельної механіки, Б. М. Жемочкін формує вихідну систему розрахункових рівнянь щодо невідомих зусиль у цих абсолютно жорстких зв'язках, додаючи рівняння рівноваги статиці. Точність розрахунків визначається кількістю зв'язків. Метод загальних пружних деформацій основи, розроблений з використанням гіпотези пружного півпростору (рис. 2.1), перебільшує розподільну роль ґрунту.

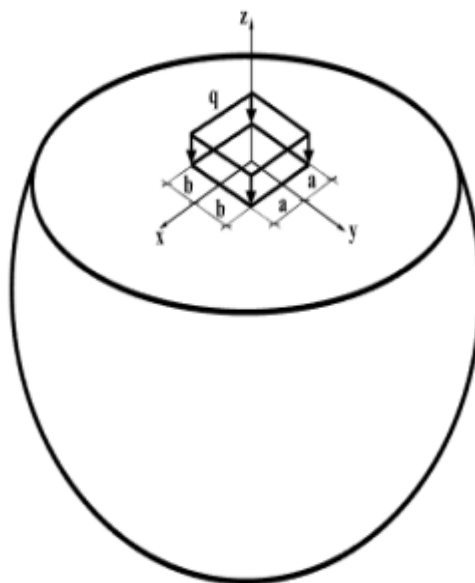


Рис. 2.1. Модель, що базується на гіпотезі пружного півпростору

Метод Б. Н. Жемочкіна базується на робочій гіпотезі, оскільки залучення пружного півпростору до теоретичних побудов має основою чіткі та відпрацьовані рішення теорії пружності і, ширше, механіки суцільного середовища. Проте для чисельного підходу застосування цього методу має деякі недоліки, наприклад, потребу в створенні скінченно-елементних моделей із завищеними розмірами розрахункової області.

Перебільшення розподільної ролі ґрунту в методі Б. Н. Жемочкіна призвело до розробки методів визначення деформацій ґрунтів, що наділяють основу проміжною розподільчою здатністю між гіпотезою Вінклера та гіпотезою пружного півпростору. Недоліки, властиві гіпотезі Вінклера, значною мірою усуваються з використанням методу змінного коефіцієнта жорсткості С. Н. Клепікова. Цей метод, зберігаючи в загальному вигляді вінклерівську основу для залежності між навантаженням і осадкою, проте дозволяє наділити стисливу основу реальними властивостями, характерними як для пружної, так і нелінійно-деформованої основи при поетапному її завантаженні.

Під час застосування методу Б. Н. Жемочкіна, для розрахунку конструкцій на ґрунтовій основі за пружністю досліджувалася А. П. Синициним. М. І. Горбунов-Посадов вважає, що рішення А. П. Синицина правильніше використовувати для визначення деформацій контактного шару, що прилягає до фундаменту.

Більш плідною гіпотезою як для фундаментів взагалі, так і для випадку їх підсилення мікропалями, є гіпотеза шару кінцевої товщини. Вона більш адекватна для чисельного підходу, оскільки скінченно-елементні моделі фундаменту з мікропалями та ґрунтовою основою повинні мати визначені межі, що, в першу чергу, дозволяють вільне деформування системи «фундамент – основа», а, в другу чергу, мати розміри, що можуть бути піддані розрахунку на ПЕОМ. Таким чином, визначення товщини шару є важливим кроком для створення моделі (Russo, 2016; Петренко, Харченко, Терещук, & Петров, 2020).

Норми проектування основ фундаментів містять умовний прийом, запропонований Д. Є. Польшиним і заснований на обмеженні зони основи, що деформується, по заданому співвідношенню вертикальних осьових нормальних напружень від зовнішнього навантаження і вертикальних напружень від власної ваги ґрунту (Швец, Шаповал, Петренко, & al., 2008).

Недолік експериментальних даних по товщині деформованої зони, особливо в натурних умовах, пов'язаний з відсутністю способів визначення вихідного природного напруженого стану від дії власної ваги

та порушення цілісності масиву при впровадженні вимірювальних приладів. Тому в технічній літературі містяться пропозиції низки дослідників щодо визначення товщини деформованої зони.

Так, Н. А. Цитович рекомендує для глинистих ґрунтів визначати потужність товщі, що деформується, виходячи з умови, що на її межі напруження дорівнюють структурній міцності ґрунту. За відсутності даних структурної міцності глибину стисливої зони, Н. А. Цитович рекомендує приймати подвоєну товщину еквівалентного шару.

Відповідно до рекомендації Б. І. Далматова, основа приймається такою, що не стискається на глибині, що дорівнює подвоєній потужності еквівалентного шару і визначеній методом спроб для схеми стисливого шару кінцевої товщини.

За даними К. Є. Єгорова, 70 % загальної осадки основи відбувається за рахунок стиснення верхнього шару, що дорівнює 0,25 від характерного розміру фундаменту.

М. І. Горбунов-Посадов рекомендував для більш розмірних фундаментних плит, що зводяться на сильно стислій основі, приймати товщину зони, що деформується, в межах 10...15 м.

За даними спостережень Б. І. Далматова, за пошаровими деформаціями основ, складених сильно стисливими ґрунтами, виміряна товщина більш ніж в 2 рази перевищувала ширину фундаменту. Таким чином, кожен з авторів пропонує конкретне рішення для вказаних випадків, не наводячи узагальнених рішень. Відповідно, прийнявши гіпотезу пружного шару, слід розробити авторські положення для подальшого створення скінченно-елементних моделей.

2.2 Моделювання НДС системи «існуючий фундамент – пальі підсилення – основа»

Робота низького ростверку у складі пальового фундаменту вивчається давно, встановлено фактори, від яких залежить роль низького ростверку у роботі пальового фундаменту, але на сьогоднішній день відсутні в чинних нормах практичні рекомендації для врахування роботи низького ростверку. Тому була поставлена задача про моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні з основою.

З результатів експериментальних досліджень впливу низького ростверку на роботу пальового фундаменту різних авторів встановлено, що факторами, які впливають на частку навантаження, що сприймає ростверк пальового фундаменту чи існуючий фундамент мілкового закладання при підсиленні палями, є:

- довжина паль (l_i), м;
- розмір поперечного перерізу палі (d), м;
- крок паль в поздовжньому напрямку (a_i), м;
- відстань між рядами паль підсилення (b_i), м;
- фізико-механічні характеристики ґрунту;
- спосіб влаштування паль підсилення.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно виконати моделювання методом скінченних елементів сумісної роботи існуючого фундаменту мілкового закладання і паль при його підсиленні та окремо роботи стрічкового пальового фундаменту.

Основна мета моделювання в програмному комплексі Plaxis полягає в встановленні якісної та кількісної картини про частку навантаження, що сприймає існуючий стрічковий фундамент при підсиленні палями, як ростверк новоствореного в залежності від різних факторів, а саме: фізико-механічні властивості ґрунтової основи, довжина паль, крок в поздовжньому напрямку, відстань між рядами паль підсилення, спосіб влаштування паль підсилення.

Програма вивчення частки навантаження, що сприймається існуючим стрічковим фундаментом мілкового закладання як ростверком після його підсилення палями, передбачала такі етапи:

- створення розрахункової схеми стрічкового фундаменту мілкового закладання, що підсилюється палями;
- для порівняльної оцінки передбачено виконати моделювання роботи поодиноких паль під навантаженням;
- дослідження залежності навантаження, що сприймається ростверком підсиленого фундаменту, від способу влаштування паль підсилення, від довжини паль, кроку в поздовжньому напрямку, відстані між рядами паль та характеристик ґрунту;
- побудова графіків залежності «осідання—навантаження» та порівняння отриманих результатів з теоретичними розрахунками.

Для моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні необхідно проаналізувати два варіанти влаштування паль: підсилення виносними палями та підсилення палями крізь тіло існуючого фундаменту.

При моделюванні були взяті такі передумови і параметри:

- модель ґрунту основи – пружно-пластична модель Кулона–Мора;
- модель стрічкового фундаменту, що підсилюється, з співвідношенням сторін $L / B \geq 10$;
- палі підсилення – круглі з поперечним розміром $d = 30$ см, довжиною 3, 6 та 9м;
- способи влаштування паль підсилення: без виймання та з вийманням ґрунту;
- розташування паль підсилення у два ряди;
- відстань між рядами паль підсилення $5d$, $7d$ та $9d$;
- крок паль підсилення у поздовжньому напрямку $3d$, $6d$, $9d$ та $12d$;
- розміри розрахункової області в плані 40×60 м, по глибині розмір змінний в залежності від довжини паль підсилення;
- за навантаження, що сприймається стрічковим фундаментом мілкового закладання до та після підсилення, береться значення зовнішнього навантаження з урахуванням ваги ростверку при деформаціях, що не перевищують допустимого значення;
- частка навантаження, що сприймається ростверком, визначається як добуток реактивного опору основи на площу ростверку без врахування площі паль.

Моделльні експерименти розділено на такі підгрупи:

I – моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні на однорідній піщаній основі при сталій відстані між рядами паль довжиною 3, 6 та 9м, що влаштовані без виймання ґрунту, програму моделювання наведено в табл. 2.1. Характеристики піщаного ґрунту: пісок середньої крупності, $\gamma = 18,7$ кН/м³ (попереднім моделюванням було встановлено, що питома вага не впливає на результат моделювання, тому цей фактор при моделюванні залишався постійним), $c = 1$ кПа, $\varphi = 36^\circ$, $\nu = 0,3$, $E = 32$ МПа;

II – моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні на однорідній основі при сталій відстані між рядами паль довжиною 3, 6 та 9м, що влаштовані з вийманням ґрунту, програму моделювання наведено в табл. 2.1. Характеристики піщаного ґрунту: пісок середньої крупності, $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 1$ кПа, $\varphi = 36^\circ$, $\nu = 0,3$, $E = 32$ МПа;

Таблиця 2.1 – Програма моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні для підгруп I та II

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль	Відстань між рядами паль
1	$L = 3$ м, $d = 0,3$ м	3d, 50 шт.	5d
		6d, 26 шт.	
		9d, 18 шт.	
		12d, 14 шт.	
2	$L = 6$ м, $d = 0,3$ м	3d, 50 шт.	5d
		6d, 26 шт.	
		9d, 18 шт.	
		12d, 14 шт.	
3	$L = 9$ м, $d = 0,3$ м	3d, 50 шт.	5d
		6d, 26 шт.	
		9d, 18 шт.	
		12d, 14 шт.	

2.3 Результати моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа»

Моделювання напружено-деформованого стану системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» виконано з різними параметрами основи та при змінному кроці і довжині паль методом скінченних елементів за умов розв’язання просторової задачі засобами програмного комплексу Plaxis 3D Foundation.

Для моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні було проаналізовано два варіанти: підсилення виносними палями та підсилення палями крізь тіло існуючого фундаменту. При влаштуванні паль підсилення крізь тіло існуючого фундаменту частка навантаження, що сприймається ростверком, більша ніж при підсиленні

виносними палями, тому для подальшого дослідження обрано варіант з улаштуванням виносних паль.

Для чисельного моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні було прийнято такі вихідні дані:

- палі підсилення (поперечний розмір $d = 30$ см, довжиною 3, 6 та 9 м) з кроком $3d$ (50 шт.), $6d$ (26 шт.), $9d$ (16 шт.) та $12d$ (12 шт.);
- при відстані між рядами паль підсилення $b = 5d$ розміри фундаменту в плані до підсилення $1,0 \times 22,1$ м та розміри після підсилення $2,0 \times 22,1$ м (рис. 2.2);
- при відстані між рядами паль підсилення $b = 7d$ розміри фундаменту в плані до підсилення $1,6 \times 22,1$ м та розміри після підсилення $2,6 \times 22,1$ м (рис. 2.2);
- при відстані між рядами паль підсилення $b = 9d$ розміри фундаменту в плані до підсилення $2,2 \times 22,1$ м та розміри після підсилення $3,2 \times 22,1$ м (рис. 2.2).

Величина навантаження на моделі збільшувалась до тих пір, поки деформації знаходились в межах допустимих значень.

При моделюванні були враховані такі фази роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаменту (початкова фаза);
- влаштування стрічкового фундаменту мілкого закладання;
- робота стрічкового фундаменту мілкого закладання під дією вертикального навантаження;
- улаштування паль підсилення;
- об'єднання ростверком паль підсилення та існуючого фундаменту;
- сумісна робота існуючого фундаменту і паль при його підсиленні під дією вертикального навантаження.

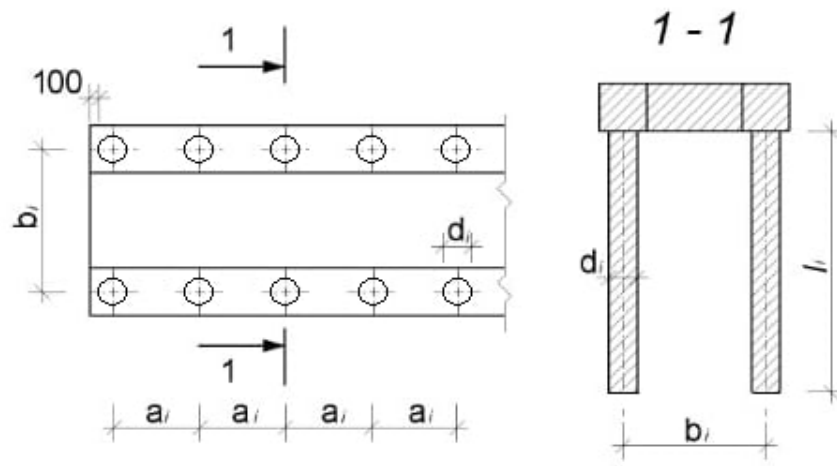


Рисунок 2.2 – Модель фундаменту

Модель підсиленого палями стрічкового фундаменту мілкого закладання в програмі Plaxis 3D при кроці $9d$ для палей підсилення довжиною 6 м приведена на рис. 2.3.

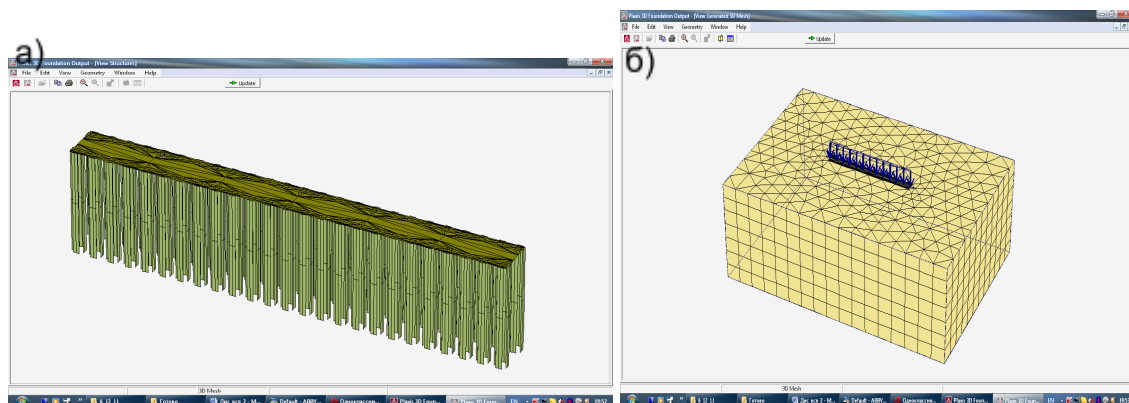


Рисунок 2.3 – Розрахункова модель підсиленого палями фундаменту при кроці палей $9d$ ($l = 6$ м) (а) та розташування моделі під дією вертикального навантаження в масиві ґрунту (б)

Для оцінки роботи окремої палі у підсиленому фундаменті було проведено моделювання роботи поодиноких палей для всіх типів і довжин в різних ґрунтових умовах.

I – моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні на однорідній піщаній основі при сталій відстані між рядами паль довжиною 3, 6 та 9 м, що влаштовані без виймання ґрунту.

Характеристики піщаного ґрунту: пісок середньої крупності, $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 1$ кПа, $\varphi = 36^\circ$, $\nu = 0,3$, $E = 32$ МПа.

На рисунку 2.4 наведено графіки залежності осідання–навантаження фундаменту до (I стадія) та після підсилення (II стадія) при різному кроці паль підсилення довжиною 9 м. Криві осідання–навантаження для I стадії роботи фундаменту (до підсилення) для розглянутих випадків збігаються.

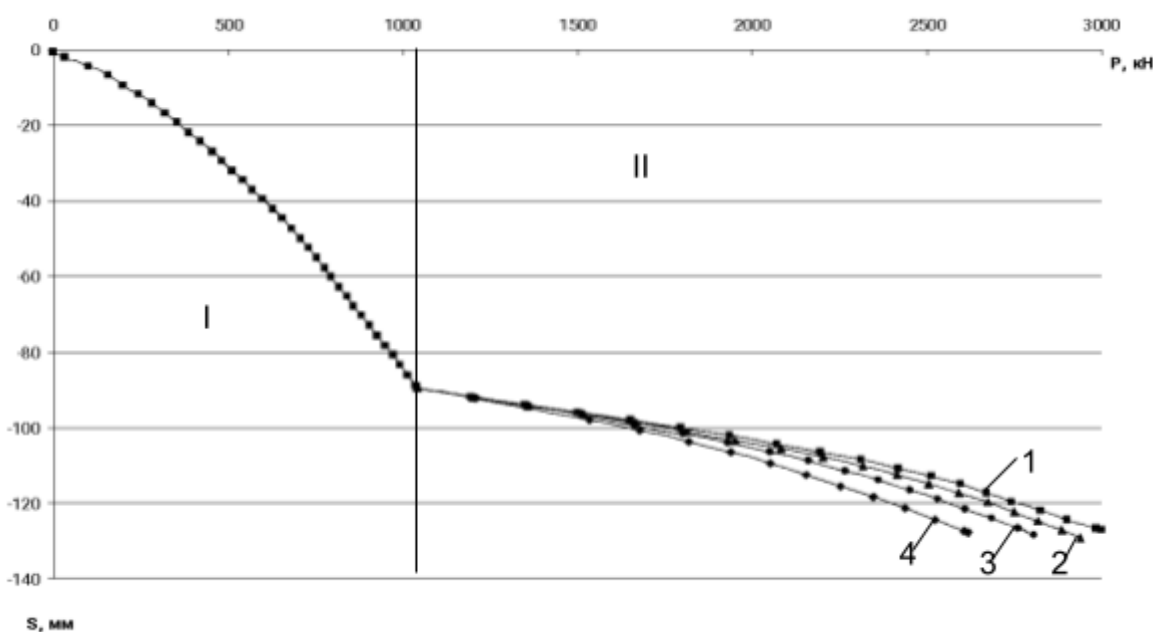


Рисунок 2.4 – Графіки залежності осідання–навантаження фундаменту: I стадія – робота фундаменту до підсилення; II стадія – робота підсиленого палями фундаменту; 1 – крок паль підсилення в поздовжньому напрямку $3d$; 2 – крок паль $6d$; 3 – крок паль $9d$; 4 – крок паль $12d$

На рисунку 2.5 наведено графіки залежності частки навантаження, що сприймається ростверком, від довжини та поздовжнього кроку паль. Як видно з рис. 2.5 частка навантаження, що сприймає ростверк, збільшується із збільшенням кроку паль в поздовжньому напрямку та зменшується із збільшенням довжини паль підсилення.

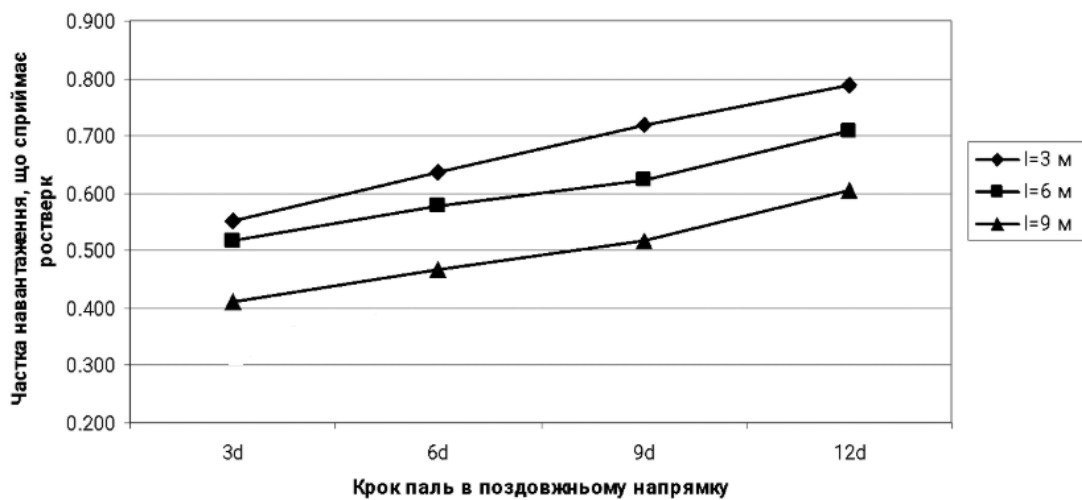


Рисунок 2.5 – Залежність частки навантаження, що сприймає ростверк, для певної довжини паль підсилення, що влаштовані без виймання ґрунту, при різному кроці в поздовжньому напрямку (пісок середньої крупності)

На рисунку 2.6 наведено мозаїки деформацій ґрунтової основи для паль підсилення довжиною 9 м при поздовжньому кроці 3d (а) та 12d (б).

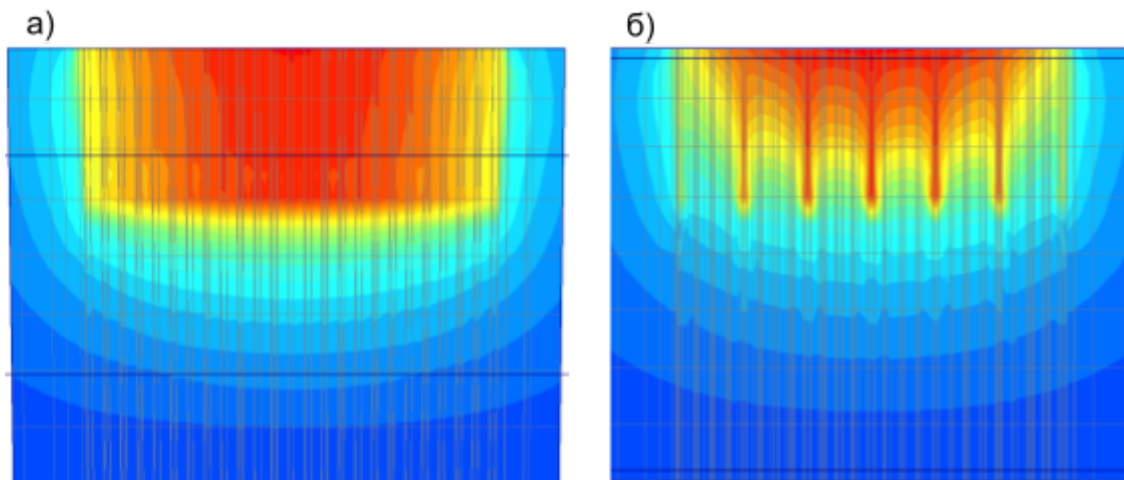


Рисунок 2.6 – Мозаїки деформації ґрунту в основі підсиленого фундаменту: а – крок паль підсилення 3d; б – крок паль підсилення 12d

При малому кроці паль підсилений палями фундамент (рис. 2.6а) працює з основою як єдиний масив (умовний фундамент), при збільшенні відстані між палями в поздовжньому напрямку ґрунт під подошвою ростверку в міжпальовому просторі краще реалізує свою несучу здатність (рис. 2.6б).

На рисунку 2.7 наведено мозаїки деформацій ґрунту в основі фундаменту при підсиленні палями довжиною 6 м з поздовжнім кроком $6d$ на різних етапах роботи: робота існуючого стрічкового фундаменту до підсилення (рис. 2.7а); влаштування паль підсилення (рис. 2.7б); об'єднання паль підсилення з існуючим фундаментом мілкового закладання (рис. 2.7в); збільшення навантаження на підсилений палями фундамент (рис. 2.7г).

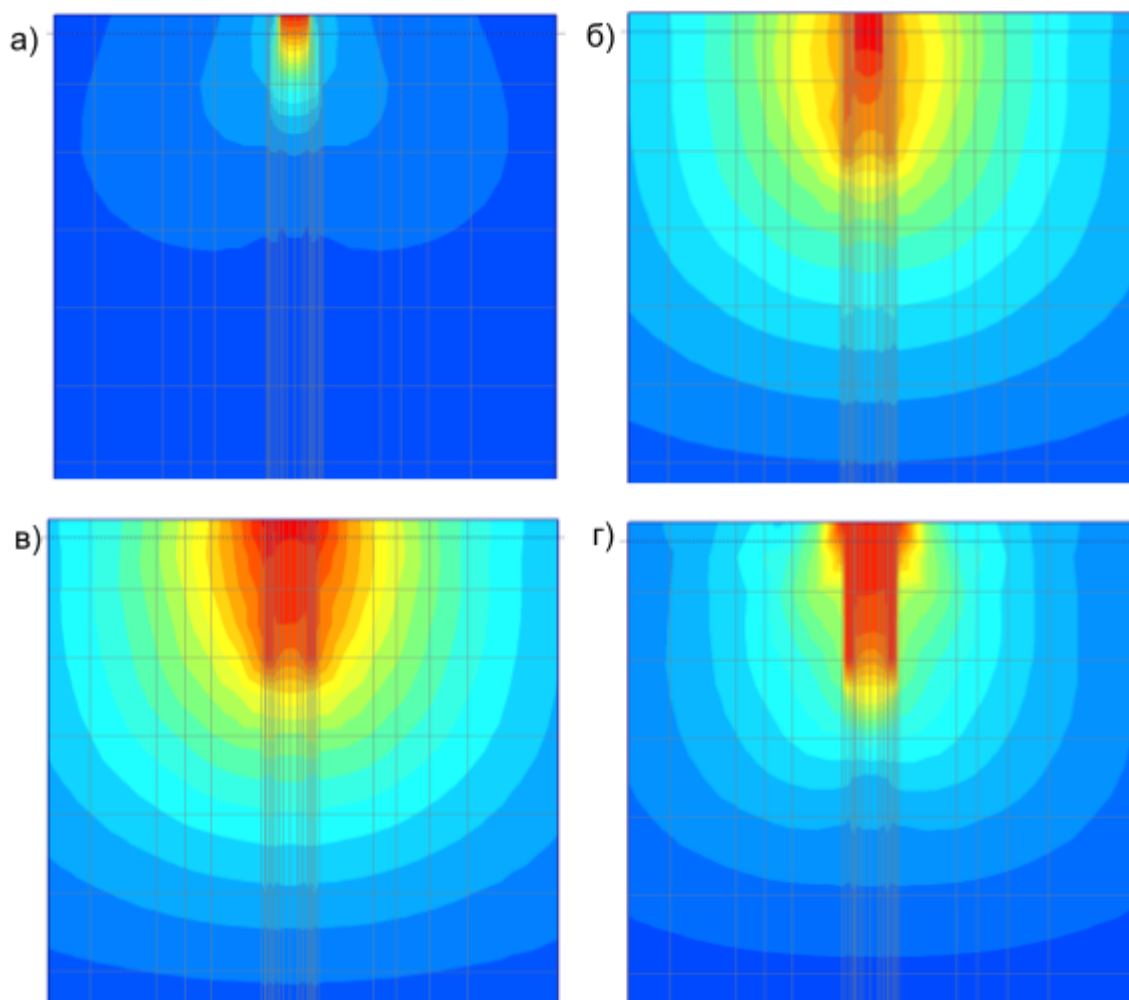


Рисунок 2.7 – Мозаїки деформації ґрунту в основі фундаменту при підсиленні палями довжиною 6 м з поздовжнім кроком $6d$ на різних етапах роботи: а – існуючий фундамент до підсилення; б – влаштування паль підсилення; в – об'єднання паль підсилення з існуючим фундаментом; г – довантаження

Реактивний опір основи під подошвою існуючого фундаменту на етапах роботи (рис. 2.7а,б,в) однаковий, тільки при збільшенні навантаження на підсилений фундамент він незначно змінюється (5 – 8 %).

Допустиме навантаження на ростверк підсиленого фундаменту більше у порівнянні з навантаженням на існуючий фундамент до підсилення за рахунок збільшення площі ростверку.

На рисунку 2.8 наведено графік залежності величини допустимого навантаження на підсилений фундамент в цілому від поздовжнього кроку паль підсилення різної довжини.

З рис. 2.8 видно, що зміна кроку паль, а відповідно і кількості паль, незначно впливає на величину допустимого навантаження на підсилений фундамент. Різниця величини навантаження при кроці 3d і 12 d для паль різної довжини коливається в межах 3 – 19 %.

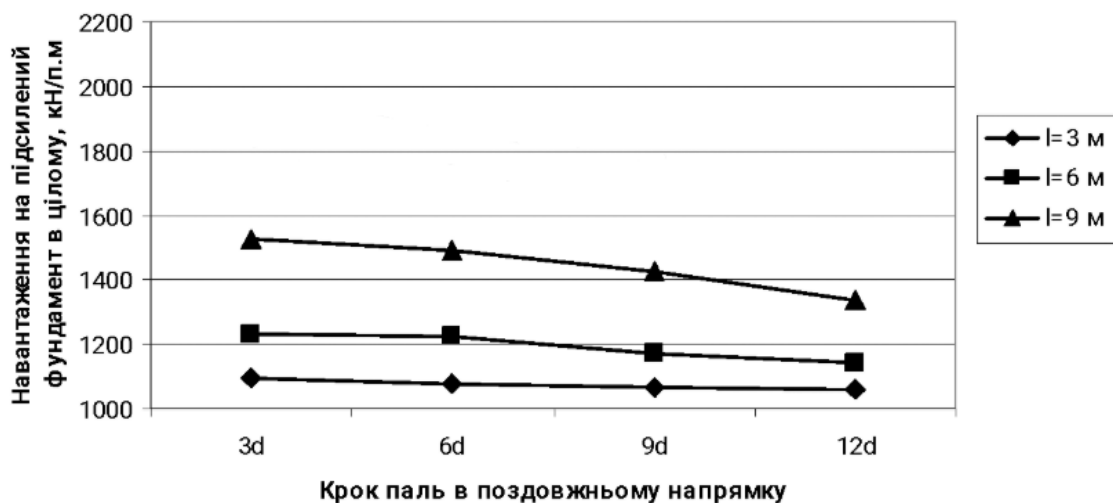


Рисунок 2.8 – Залежність величини допустимого навантаження на підсилений фундамент в цілому від кроку в поздовжньому напрямку паль підсилення

II – моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його підсиленні на однорідній основі при сталій відстані між рядами паль довжиною 3, 6 та 9 м, що влаштовані з вийманням ґрунту

Характеристики піщаного ґрунту: пісок середньої крупності,
 $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$, $c = 1 \text{ кПа}$, $\varphi = 36^\circ$, $\nu = 0,3$, $E = 32 \text{ МПа}$.

Різниця величини допустимого навантаження на підсилений фундамент при кроці 3d і 12d для паль різної довжини коливається в межах 3 – 24,4 %.

На рис. 2.9 наведено графіки залежності частки навантаження, що сприймає ростверк у складі підсиленого палями фундаменту мілкого закладання, від довжини і кроку паль підсилення, що влаштовані з вийманням ґрунту. Порівнявши залежності на рис. 2.5 та 2.9, можна зробити висновок, що спосіб улаштування паль підсилення (з вийманням чи без виймання ґрунту) на характер зміни частки навантаження, що сприймає ростверк, від поздовжнього кроку та довжини паль підсилення суттєво не впливає. Для паль, що влаштовуються з вийманням ґрунту, частка навантаження, що сприймає ростверк, дещо більша, тому, в запас надійності.

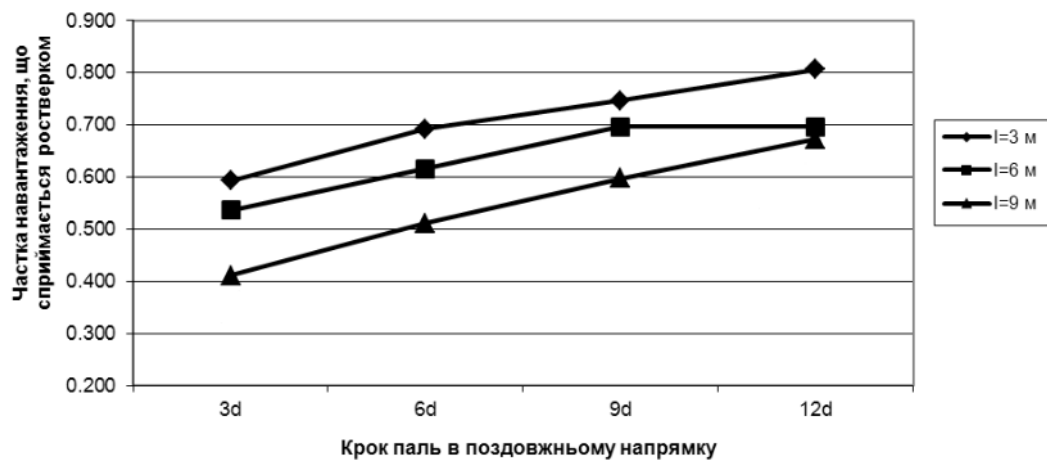


Рисунок 2.9 – Залежність частки навантаження, що сприймається ростверком, для певної довжини паль підсилення, що влаштовані з вийманням ґрунту, при різному кроці в поздовжньому напрямку (пісок середньої крупності)

Висновки до 2 розділу

Аналіз результатів досліджень чисельним моделюванням за методом скінчених елементів досліджено НДС системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» показав, що палі включаються в роботу тільки після виникнення додаткових навантажень на фундамент. Реактивний опір основи під подошвою існуючого фундаменту на всіх етапах роботи залишається практично незмінним, а допустиме навантаження на ростверк підсиленого фундаменту у порівнянні з навантаженням на існуючий фундамент збільшується за рахунок збільшення площі

3. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Результати чисельного моделювання НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа».

Результати моделювання НДС системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» при різному поздовжньому кроці і різній довжині паль підсилення підгрупа І (таблиця 3.1), однорідна ґрунтова основа (пісок середньої щільності)

Таблиця 3.1 Результати моделювання НДС системи І підгрупа

№	F_i , кН/м	F_{pi} , кН/м	F_{pi}/F_i	F_{ni} , кН	$F_{ni}/F_{o.n.i}$	a_i , м	a_i/d	l_i , м	l_i/d
1	1334	806,3	0,604	950,0	0,699	3,6	12	9	30
2	1144	811,0	0,709	599,4	0,636	3,6	12	6	20
3	1059	833,5	0,787	405,7	0,760	3,6	12	3	10
4	1424	735,8	0,517	929,0	0,683	2,7	9	9	30
5	1174	733,0	0,624	599,0	0,636	2,7	9	6	20
6	1064	764,0	0,718	405,0	0,758	2,7	9	3	10
7	1489	693,0	0,465	716,4	0,527	1,8	6	9	30
8	1224	707,0	0,578	465,3	0,494	1,8	6	6	20
9	1074	684,0	0,637	351,0	0,657	1,8	6	3	10
10	1524	625,0	0,410	404,6	0,298	0,9	3	9	30
11	1229	636,0	0,517	267,0	0,283	0,9	3	6	20
12	1094	603,0	0,551	221,0	0,414	0,9	3	3	10

Примітка: a_i – крок паль в поздовжньому напрямку, м;

d_i – розмір поперечного перерізу палі, м;

l_i – довжина палі, м;

F_i – навантаження на підсилений фундамент в цілому, кН/п.м.;

F_{pi} – навантаження, що сприймається ростверком, кН/п.м.;

F_{pi}/F_i – частка навантаження, що сприймається ростверком;

F_{ni} – навантаження, що сприймається однією палею у складі підсиленого фундаменту, кН;

$F_{ni}/F_{o.n.i}$ – співвідношення навантаження, що сприймається однією палею у складі підсиленого фундаменту, до несучої здатності поодинокі палі.

Результати моделювання НДС системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» при різному поздовжньому кроці і різній довжині паль підсилення, що влаштовані з вийманням ґрунту підгрупа II (таблиця 3.2), однорідна ґрунтова основа (пісок середньої щільності)

Таблиця 3.2 Результати моделювання НДС системи II підгрупа

№	$F_{i\phi}$ кН/м	$F_{pi\phi}$ кН/м	F_{pi}/F_i	F_n	$F_n/F_{o.n.}$	$a_{i\phi}$ м	$a_{i\phi}/d$	$l_{i\phi}$ м	$l_{i\phi}/d$
1	1274	856,4	0,672	751,7	0,917	3,6	12	9	30
2	1124	837,7	0,745	515,3	0,792	3,6	12	6	20
3	1059	854,5	0,807	368,1	0,773	3,6	12	3	10
4	1374	821,3	0,598	746,1	0,910	2,7	9	9	30
5	1149	800,2	0,696	470,9	0,723	2,7	9	6	20
6	1064	794,0	0,746	364,5	0,766	2,7	9	3	10
7	1449	741,8	0,512	636,5	0,776	1,8	6	9	30
8	1189	732,8	0,616	410,6	0,631	1,8	6	6	20
9	1064	736,4	0,692	294,8	0,619	1,8	6	3	10
10	1524	627,3	0,412	403,5	0,492	0,9	3	9	30
11	1224	656,8	0,537	255,2	0,392	0,9	3	6	20
12	1094	648,4	0,593	200,5	0,421	0,9	3	3	10

3.2 Рекомендації для розрахунку підсилення стічкових фундаментів палями

На основі виявлених закономірностей у роботі підсиленого палями стрічкового фундаменту було розроблено методику розрахунку сумісної роботи існуючого стрічкового фундаменту мілкого закладання і паль при його підсиленні, що також може бути застосована для врахування роботи ростверку у складі новоствореного стрічкового пальового фундаменту з дворядним розташуванням паль.

Послідовність розрахунку:

1. Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика та визначення навантаження на фундамент.

2. Вибір типу та довжини паль підсилення, визначення геометричних параметрів підсиленого фундаменту. В першому наближенні береться кількість і крок паль без врахування роботи існуючого фундаменту.

3. Визначення ефекту сумісної роботи існуючого фундаменту мілкого закладання і паль при його підсиленні (α):

$$\alpha = \left(\frac{1}{1 + \frac{\pi \cdot l^2 \cdot (f_0/E)}{(a \cdot b)}} \right) \cdot e^{-(l/d)^{0.75} / (a/d)}, \quad (3.1)$$

де l – довжина палі, м;

f_0 – початковий опір по боковій поверхні (опір по боковій поверхні в верхній зоні довжини палі);

a – крок паль уздовж ряду, м;

b – відстань між рядами паль, м;

d – поперечний розмір палі, м

E – приведений модуль деформації ґрунту, що визначається:

$$E = (1-b)k_f E_f + k_p b E_p, \quad (3.2)$$

де b – коефіцієнт, який визначає частину навантаження, що передається нижнім кінцем палі;

E_f – усереднений у межах довжини палі модуль деформації ґрунтової основи, кПа, що контактує з бічною поверхнею;

E_p – модуль деформації під нижнім кінцем паль, кПа, визначається в межах одного діаметра вище і чотирьох нижче позначки нижнього кінця палі;

k_f – коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бічної поверхні палі;

k_p – коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі.

4. Визначення допустимого навантаження на групу паль:

$$F_p = n \cdot \zeta_p \cdot N, \quad (3.3)$$

де n – кількість паль підсилення, шт.;

ζ_p – коефіцієнт, що враховує ступінь реалізації несучої здатності палі по ґрунту у складі підсиленого фундаменту, залежить від ґрунтових умов, довжини та відстані між палями та визначається з табл. 3.3 в залежності від виду ґрунту та поздовжнього кроку паль підсилення, що знаходиться під вістрям палі;

N – допустиме навантаження на поодинокую палю.

При визначенні коефіцієнта ζ_p по табл. 3.3 слід враховувати:

- для проміжних значень поздовжнього кроку та показнику текучості значення ζ_p знаходити інтерполяцією;
- для поздовжнього кроку (a) паль більше $12d$ значення ζ_i приймати як для $a = 12d$;
- для паль, що влаштовані з вийманням ґрунту значення ζ_i збільшувати на 30% (при $\zeta_p > 1$ приймати $\zeta_p = 1$).

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта ζ_p

Поздовжній крок паль	Ґрунт під вістрям палі									
	піщаний			глинистий при показнику текучості I_L						
	пилов.	дрібн.	сер. крупн.	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$3d$	0,4	0,35	0,3	0,44	0,4	0,39	0,34	0,28	0,28	0,22
$6d$	0,69	0,63	0,52	0,75	0,71	0,58	0,53	0,47	0,5	0,39
$9d$	0,8	0,77	0,68	0,92	0,88	0,7	0,67	0,64	0,67	0,55
$12d$	0,8	0,78	0,7	0,97	0,9	0,85	0,81	0,76	0,78	0,61

5. Визначення допустимого навантаження на підсилений фундамент:

$$F_{\Sigma} = F_{r0} + \frac{F_p}{1 - \alpha}, \quad (3.4)$$

$$F_{r0} = P \cdot A, \quad (3.5)$$

де A – площа існуючого фундаменту до підсилення;

P – середній тиск під подошвою існуючого фундаменту.

6. Збільшення поздовжнього кроку паль і повторне визначення ефекту сумісної роботи існуючого фундаменту мілкого закладання і паль при його підсиленні. За потребою можна варіювати також довжиною палі.

7. Вибір оптимального варіанту підсилення, тобто такого, де оптимальний крок і оптимальна довжина паль підсилення.

При виборі оптимального кроку паль підсилення слід враховувати, що величина допустимого навантаження на підсилений фундамент при зміні поздовжнього кроку паль змінюється не значно (3–25 %). Тобто, при більшому кроці і меншій кількості паль може бути досягнута необхідна величина допустимого навантаження на підсилений фундамент, що дозволить знизити вартість робіт з улаштування підсилення (у порівнянні з меншим поздовжнім кроком і відповідно більшою кількістю паль).

При застосуванні даної методики до розрахунку допустимого навантаження на новий стрічковий пальовий фундамент з дворядним розташуванням паль береться $F_{r0} = 0$. При визначенні допустимого навантаження на групу паль (п. 4) при поздовжньому кроці паль $a = 3d$ коефіцієнт $\varsigma_p = 0,65$ для піщаних та $\varsigma_p = 0,85$ для глинистих ґрунтів, а при $a > 3d$ приймається $\varsigma_p = 1$.

Область застосування методики:

- коли під подошвою існуючого фундаменту мілкого закладання з модуль деформації ґрунту $E > 5$ МПа;
- якщо палі підсилення за характером роботи в ґрунті висячі;
- для дворядного розташування паль підсилення;
- при об'єднанні паль підсилення ростверком з існуючим фундаментом (жорстке);
- для новостворених стрічкових пальових фундаментів з дворядним розташуванням паль.

Висновок до розділу 3

На підставі чисельного моделювання виконано аналіз факторів, що впливають на частку навантаження, яку сприймає ростверк підсиленого фундаменту. Такими факторами є: крок паль в поздовжньому напрямку, відстань між рядами паль, довжина та тип палі підсилення, модуль деформації та характеристики міцності ґрунту.

Діапазон зміни частки навантаження, що сприймає ростверк у складі підсиленого палями фундаменту – від 30 до 72 % (відсотки визначенні на момент досягнення фундаментами граничного значення осідання).

При влаштуванні паль з вийманням ґрунту частка навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пальового фундаменту, більша, ніж при влаштуванні паль без виймання ґрунту.

4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Основні рішення генерального плану

Площа земельної ділянки – 489 м², що розташована поблизу дороги, забезпечує хороший транспортний зв'язок об'єкту із інфраструктурою міста.

Будівельний майданчик характеризується наявністю спокійного рельєфу.

Для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог, а також нормального руху транспорту та пішоходів передбачається влаштування асфальтобетонного покриття на проїздах та тротуарах, їх площа становить 123 м². Технологічні проїзди, під'їдні дороги передбачено виконати з двошарової асфальтобетонної суміші.

Запроектовані різновиди дерев та кущів відповідають економічним вимогам та природно-кліматичним умовам даного району, площа озеленення – 90,65 м².

Навколо проектуючої будівлі передбачені пішохідні доріжки.

Сток природних вод з даної ділянки - природній.

Технічні рішення, які прийняті в робочих кресленнях, відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших діючих норм і правил, а також забезпечують безпечну експлуатацію для життя і здоров'я людей.

Архітектурно-планувальне рішення ділянки передбачає впорядкування зелених насаджень а саме засів запланованих поверхонь газонними травами, насадження квітників, чагарників.

Роботи по благоустрою заплановано виконувати після закінчення робіт по вертикальному плануванню і очищення території від будівельного сміття у відповідності з ДБН Б.2.2-5:2011 „Благоустрій територій.”

Вертикальне розпланування будівлі забезпечує відведення поверхневих вод та вигідні умови для розташування будівель, майданчиків і проїздів.

Рельєф ділянки - спокійний, ділянка не заболочена та не підтоплюється паводковими водами.

Організацію рельєфу ділянки вирішено з врахуванням природних умов, влаштуванням стоку поверхневих вод, розміщення під'їзних шляхів.

По вертикальному плануванні проектом передбачено створення зручних входів у будівлю, під'їздів і підходів до них.

Для створення нахилів для відводу поверхневих вод, прив'язки з відмітками існуючих під'їздів на території ділянки передбачена підсипка ґрунту. Відвід поверхневих вод здійснюється по водовідвідному потоку на

проїжджу частину.

Чорні відмітки визначають згідно з топографічним планом інтерполяцією між чорними горизонталями:

$$H_{\text{чор}} = m + hl/z ; \quad (4.1)$$

де m - відмітка горизонталі, м;

h - різниця відміток сусідньої горизонталей, м ;

l - відстань від горизонталі « m » до вершини, м;

z - відстань між горизонталями, м .

$$H_1 = 270 + 1 \cdot 1,5 / 15 = 270,10 \text{ (м)};$$

$$H_2 = 271 + 1 \cdot 4,2 / 15 = 271,28 \text{ (м)};$$

$$H_3 = 270 + 1 \cdot 8,25 / 15 = 270,55 \text{ (м)};$$

$$H_4 = 271 + 1 \cdot 1,5 / 15 = 271,10 \text{ (м)}.$$

Розрахунок червоних позначок :

$$H_{\text{черв.}} = H_{\text{ср}} \pm z_1 i_1 / 2 \pm z_2 i_2 / 2; \quad (4.2)$$

де z - розмір будівлі, м;

i - уклон.

$$H_1 = 270,76 + 20,29/2 \cdot 0,0092 + 13,68/2 \cdot 0,0067 = 270,90 \text{ (м)};$$

$$H_2 = 270,90 \text{ м};$$

$$H_3 = 270,90 \text{ м};$$

$$H_4 = 270,90 \text{ м}.$$

Таблиця 4.1 - Основні показники генерального плану

Показник	Величина	Примітка
Площа земельної ділянки	489 м ²	
Площа забудови	275,35 м ²	
Площа проїздів та доріжок	123 м ²	
Площа озеленення	90,65 м ²	

4.1.2 Архітектурно-планувальні рішення

Даний об'єкт являє собою одноповерхову будівлю яка після реконструкції стає трьохповерховою з несучими зовнішніми та внутрішніми стінами. Розмір будівлі в осях 20,29 x 13,68 м. Висота будівлі 12,5 м.

Приміщення сформовані у відповідності з архітектурно-планувальним рішенням. В основу архітектурно-планувального рішення будівлі покладене функціональне зонування з врахуванням всіх особливостей житлової будівлі.

Головний вхід у будівлю розташований із сторони фасаду в осях 1-5 в

рівні першого поверху. Поверхи будівлі запроектовано висотою 3 м.

Таблиця 4.2 - Експлікація приміщень 1-го поверху

№ /п	Назва приміщення	Площа, м ²
	Тамбур	3,50
	Сходова клітка	7,93
	Хол	14,67
	Техприміщення	15,38
	Техприміщення	24,40
	Водомірний вузол	10,64
	Техприміщення	10,64
	Електрощитова	4,00
	Коридор	4,26
1А – однокімнатна житлова квартира		
а	Житлова кімната	17,46
а	Хол	9,56
а	Кухня	13,72
а	Санвузол	4,15
а	Коридор	2,24
а	Кладовка	6,73
а	Балкон	1,35
1Б – однокімнатна житлова квартира		
б	Житлова кімната	17,41
б	Хол	9,53
б	Кухня	13,39
б	Санвузол	4,15
б	Коридор	2,24
б	Кладовка	6,71
б	Балкон	1,35
Загальна площа по 1-ому поверху		205,4

Таблиця 4.3 - Експлікація приміщень 2-го та 3-го поверхів

№ /п	Назва приміщення	Площа, м ²
	Сходова клітка	11,73
	Хол	14,67
1В – однокімнатна житлова квартира		
в	Житлова кімната	17,46
в	Хол	9,56
в	Кухня	13,72
в	Коридор	4,15
в	Санвузол	2,24
в	Балкон	6,73
1Г – однокімнатна житлова квартира		
г	Житлова кімната	17,41
г	Хол	9,53
г	Кухня	13,39
г	Коридор	4,15
г	Санвузол	2,24
г	Балкон	6,71
1Д – однокімнатна житлова квартира		
д	Житлова кімната	17,05
д	Хол	7,90
д	Кухня	12,81
д	Коридор	2,86
д	Санвузол	4,41
д	Балкон	1,35
1Ж – однокімнатна житлова квартира		
ж	Житлова кімната	17,05
ж	Хол	7,88
ж	Кухня	12,82
ж	Коридор	2,86
ж	Санвузол	4,41
ж	Балкон	1,35
Загальна площа по 2-ому та 3-му поверхах		416,76

4.1.3 Конструктивні рішення

4.1.3.1 Стіни

Стіни будівлі призначені для огороження і захисту від дії навколишнього середовища і передають навантаження від конструкцій – перекриттів і покриттів, що знаходяться вище, на фундаменти.

Кладка стін здійснюється на цементно-піщаному розчині. З самого початку товщина зовнішньої стіни передбачається рівною 380 мм, виходячи з великої висоти стіни і сприйняття навантаження від покриття. Така товщина необхідна для забезпечення стійкості по відношенню до вітрових та ударних навантажень.

Віконні прорізи в стінах запроектовані без четверті. Над віконними та дверними прорізами покладені залізобетонні монолітні перемички. Вони передають навантаження від вище лежачих конструкцій на стіни чи простінки.

4.1.3.2 Перегородки

Перегородки – це внутрішні вертикальні огорожуючі конструкції в будівлях. Перегородки виконують в будівлі огорожуючі функції.

Перегородки товщиною 120 мм виконані з кладки в 1/2 цеглини з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Для перегородок використовується керамічна пустотна цегла.

Конструкції даних стін і перегородок задовольняють нормативним вимогам міцності, стійкості, вогнестійкості, звукоізоляції.

4.1.3.3 Перекриття

Переkritтя житлового будинку запроектовано збірним, із круглопустотних залізобетонних плит на 1-ому та 2-ому поверхах та балочним дерев'яним переkritтям на 3-ому поверсі.

Таблиця 4.4 – Специфікація елементів перемичок

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість, шт			Всього	Маса, од., кг	Примітка
			1	2	3			
		З	4	5	6	7	8	9
	ГОСТ 948-84	2ПБ 19-3	3	12	15	30	81,0	
		2ПБ 13-1	10	18	22	50	54,0	
		3ПБ 13-37	8	18	14	40	85,0	
		2ПБ 16-2	8	8	8	24	65,0	
		3ПБ 16-37	2	2	2	6	102,0	
		3ПБ 18-37	-	2	2	4	119,0	
		3ПП 21-71	-	1	-	1	433	
	ГОСТ 8509-93	63x5, L = 400	4	8	8	20	6,73	
	ГОСТ 19903-74	50x6, L = 80	6	12	12	30	0,35	

Таблиця 4.5 – Специфікація збірних залізобетонних плит

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість, шт	Маса, од., кг	Примітка
		З	4	5	6
ПК1	Серія 1.041. 1-2вип1	ПК 60-15-8	8	2800	
ПК2	Серія 1.041. 1-2вип1	ПК 39-15-8	20	1830	
ПК3	Серія 1.041. 1-2вип1	ПК 45-15-8	6	2100	
ПК4	Серія 1.041. 1-2вип1	ПК 48-15-8	8	2250	
ПК5	Серія 1.041. 1-2вип1	ПК 60-12-8	4	2100	

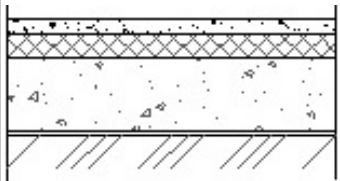
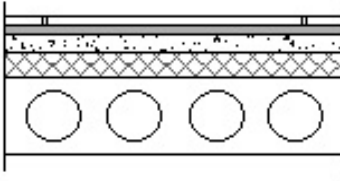
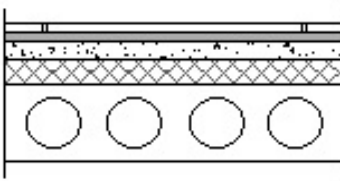
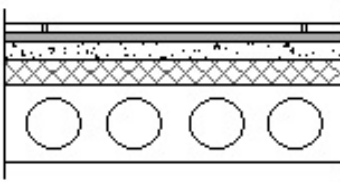
4.1.3.4 Підлога

Підлоги – це конструкції, що постійно піддаються механічним діям (стиранню). Підлоги по міжповерховими перекриттями повинні мати звукоізоляційні властивості. В санвузлах покриття підлоги виконується із керамогранітної плитки з використанням обмазочної гідроізоляції.

Таблиця 4.6 – Експлікація підлоги

№ приміщення	Тип підлоги	Схема підлоги	Дані елементів підлоги	Площа, м ²
1	2	3	4	5
1-ий поверх				
1	1		1 – керамічна плитка на цем.розчині; 25 мм 2 – прошарок заповнення швів цем-піщаним розчином М 150; 5 мм 3 – стяжка з легкого бетону; 20 мм 4 – гідроізоляція (плівка Ceresit BT 21); 5 мм 5 – бетон М 100; 60 мм 6 – утрамбований щебенем ґрунт	3,50
2, 3, 2а, 2б, 5а, 5б, 6а, 6б	2		1 – керамічна плитка на цем.розчині; 25 мм 2 – прошарок заповнення швів цем-піщаним розчином М 150; 5 мм 3 – бетон М 100; 60 мм 4 – утрамбований щебенем ґрунт	54,73
3а, 3б, 4а, 4б	3		1 – керамічна плитка на цем.розчині; 25 мм 2 – прошарок заповнення швів цем-піщаним розчином М 150; 5 мм 3 – стяжка з цем.розч.; 80 мм 4 – гідроізоляція 2 шари гідроізолу на біт.мастиці; 5 мм 5 – бетон М 100; 60 мм 6 – утрамбований щебенем ґрунт	35,41
1а, 1б	4		1 – збірний паркет на мастиці; 8 мм 2 – фанера; 10 мм 3 – стяжка із легкого бетону; 20 мм 4 – гідроізоляція 2 шари гідроізолу на біт.мастиці; 5 мм 5 – бетон М 100; 80 мм 6 – утрамбований щебенем ґрунт	34,87

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5
4, 5, 6, 7, 8, 9	5		1 – цем.розчин М 100 із залізненням поверхні; 20 мм 2 – бетон М 100; 80 мм 3 – утрамбований щебенем ґрунт	69,32
2-ий та 3-ій поверхи				
2, 2в, 2г, 2д, 2ж, 4в, 4г, 4ж	6		1 – керамічна плитка на цем.розчині; 25 мм 2 – прошарок заповнення швів цем-піщаним розчином М 150; 5 мм 3 – стяжка; 20 мм 4 – стяжка із керамзитбетону; 30 мм 5 – з/б плита	112,88
1в, 1г, 1д, 1ж	7		1 – паркетна дошка; 20 мм 2 – прошарок з холодної мастики; 5 мм 3 – фанера; 10 мм 4 – стяжка із керамзитбетону; 30 мм 5 – з/б плита	137,94
3в, 3г, 3д, 3ж, 5в, 5г, 5д, 5ж	8		1 – керамічна плитка на цем.розчині; 10 мм 2 – прошарок заповнення швів цем-піщаним розчином М 150; 5 мм 3 – стяжка з цем. розчину; 20 мм 4 – гідроізоляція 2 шари гідроізолу на біт.мастиці; 5 мм 5 – стяжка із керамзитбетону; 40 мм 6 – з/б плита	131,68

4.1.3.5 Покрівля

Покрівля складна, виконана з металочерепиці.

Таблиця 4.8 – Специфікація елементів заповнення дверних прорізів

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість, шт			Всього	Маса, кг	При-мітка
			1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Д-1	Індивідуальні	1690x2100	2	-	-	2		
Д-2	Індивідуальні	900x2100 П	1	2	2	5		
Д-3	Індивідуальні	900x2100 ЛП	1	2	2	5		
Д-4	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-9П	1	2	2	5		
Д-5	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-9Л	1	2	2	5		
Д-6	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-8Л	1	-	-	1		
Д-7	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-8П	4	4	4	12		
Д-8	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-8ЛП	3	4	4	11		

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Д-9	Індивідуальні	810x2400 П	1	2	2	5		
Д-10	Індивідуальні	810x2400 ЛП	1	2	2	5		
Д-11	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-10П	1	-	-	1		
Д-12	Індивідуальні (протипожежні)	900x2100 П	1	-	-	1		
Д-13	Індивідуальні (протипожежні)	900x2100 ЛП	1	-	-	1		
Д-14	Індивідуальні (протипожежні)	1000x2100 П	1	-	-	1		
П-1		900x2100	2	2	2	6		
П-2		1100x2100	-	2	2	4		
Всього:							70	

4.1.4 Зовнішнє та внутрішнє опорядження

Опорядження стін будівлі виконано:

- фасади будівлі облицьовані зовнішньою декоративною штукатуркою;
- цоколь – облицьований плиткою з природного каменю.

Внутрішнє оздоблення виконано цементно-піщаним розчином товщиною 20 (мм). Фарбують водоемульсійною фарбою по високоякісній штукатурці. Поверхня стін та перегородок в приміщеннях з підвищеною вологістю викладаються глазурованою облицювальною плиткою.

4.1.5 Теплотехнічний розрахунок

Проведення теплотехнічного розрахунку стіни передбачено з метою приведення до нормативних величин загального опору теплопередачі конструкції, яка відіграє значну роль в тепловій ізоляції будівлі.

1. штукатурка
1. плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому
2. цегляна кладка
3. штукатурка

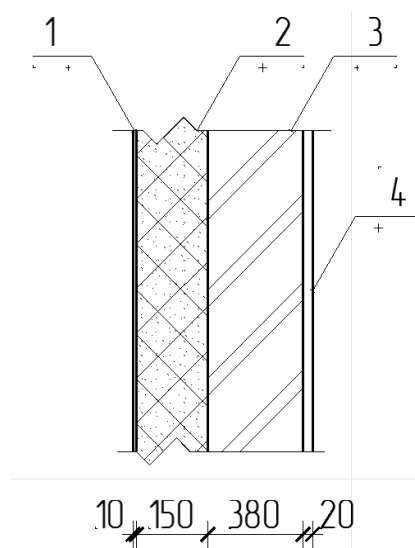


Рисунок 4.1 – Конструкція зовнішньої стіни

Об'єкт проектується у м. Вінниця. Згідно карти-схеми температурних зон України м. Вінниця відноситься до першої температурної зони. Нормативне значення опору теплопередачі для даної температурної зони $R_n = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Термічний опір одношарової конструкції обчислюється за формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \quad (4.3)$$

де R – термічний опір однорідної конструкції;

δ – товщина шару однорідної конструкції, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/м°C;

α_e – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої огорожуючої конструкції;

α_z – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої конструкції для зимових умов.

Для забезпечення потрібної теплоізоляції необхідне виконання умови:

$$\frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \geq 4,0 \quad \text{м}^2\text{°C/ Вт} \quad (4.4)$$

$$R_{\Sigma}^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{x}{0,045} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,0 \rightarrow x = 0,15$$

Отже, приймаємо товщину утеплювача 150 мм, плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому.

$$R_{\Sigma}^{\phi} = 4,0 + \frac{0,15}{0,045} = 4,05 \quad (\text{м}^2\text{°C/ Вт}) > 4,0$$

Загальна товщина стіни без оздоблювальних шарів:

$$150 + 380 = 530 \text{ (мм)}$$

4.1.6 Водопостачання та каналізація

Водопостачання житлового будинку у м. Вінниця здійснюється від існуючих мереж, при цьому забезпечується господарчо-питтєві потреби будівлі, а також самополив зелених дворових насаджень.

Водопровід монтується з поліпропіленових труб марки PPRC PN10. Магістральний трубопровід прокладається в підпільних каналах першого поверху, зашивається і теплоізолюється.

Монтаж, випробування і приймання мереж холодного водопостачання робиться відповідно до глави СНиП 3.05.01-85. Розрахункові витрати води визначені відповідно до ДБН В.2.5-64-2012.

Відвід води здійснюється системою із чавунних і пластмасових труб діаметром 50-100 мм., які відводяться в дворову каналізаційну мережу.

Відведення дощових вод з покрівлі будинку здійснюється системою внутрішніх водоводів із сталевих і пластмасових труб діаметром 100 мм., передбачено в зливну каналізацію.

Стічні води від будівлі відводяться дворовою мережею із керамічних труб діаметром 150 мм., в стічну мережу заводу.

4.1.7 Опалення та вентиляція

Для підтримання в приміщеннях параметрів повітряного середовища у відповідності до санітарних норм передбачається влаштування систем опалення і вентиляції.

Система опалення запроектована двотрубною тупиковою з нижнім розведенням. В якості нагрівальних пристроїв прийняті радіатори нового покоління із метало пластика. Вентиляція школи запроектована припливно-витяжною з природним збудженням. В приміщеннях санвузлів витяжка здійснюється через електричні вентилятори. Приплив в приміщення свіжого повітря неорганізований, через відкриті сусідні приміщення і фрамуги вікон, що відкриваються.

4.1.8 Холодопостачання

Для кондиціонування повітря в приміщеннях передбачено використання

автономних кондиціонерів систем "спліт" та "мульти-спліт". Холодагентом в системі кондиціонування є фреон. Для кріплення зовнішніх і внутрішніх блоків кондиціонерів застосовуються вироби і деталі із комплекту постачання обладнання. Фреонопроводи монтувати із круглих мідних труб для кондиціонування. Фреонові магістралі слід теплоізолювати скорлупами із вспіненого поліетилена товщиною стінки 9 мм. В місцях пересічення з будівельними конструкціями слід застосовувати футляри із поластикових гофротруб. Для відведення конденсату від внутрішніх блоків застосувати металопластикові труби діам. 16x2,0.

4.1.9 Електротехнічні рішення

Електропостачання здійснюється від зовнішньої живлячої мережі двома кабельними введеннями.

Як ввідно-розподільний пристрій прийнято шафу ВРУ, яка встановлена в електрощитовій на першому поверсі.

Облік електроенергії прийнято як єдиний для силових і освітлювальних споживачів лічильником СЛЧУ, встановленим на ввідно-розподільній панелі.

Проектом передбачені робоче, аварійне, евакуаційне, чергове і ремонтне освітлення.

- робоче освітлення передбачається в усіх приміщеннях;
- евакуаційне – в коридорі, кухні, роздягальнях, сходових клітинах, приймальнях, в залі для музики і гімнастичного зайняття;
- аварійне – в електрощитовій;
- ремонтне – в палаті ізолятора.

4.1.10 Пожежна безпека

Комплекс протипожежних заходів включає: попередження виникнення

пожеж, обмеження вогню при виникненні пожежі, створення умов для евакуації людей та матеріальних цінностей із палаючої будівлі та забезпечення умов для швидкої локалізації та гасіння пожеж.

З метою попередження пожеж та обмеження розповсюдження вогню забезпечено необхідну ступінь вогнестійкості будівлі II.

Також передбачено такі заходи по попередженню і розповсюдженню пожеж:

- при розміщенні будівлі було враховано напрямлення вітру;
- двері на шляхах евакуації виконані такими, що самі закриваються з ущільненням в притворах;
- для оздоблення приміщень прийняті негорючі та важко займисті матеріали;

Первинні засоби пожежогасіння житлової будівлі складають пінні вогнегасники;

Додержано протипожежні розриви між будівлями.

4.2 Основи та фундаменти

4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов майданчику

У геологічній будові ділянки на розвідану глибину 18,0-21,5 м приймають участь четвертинні відкладення флювіогляціального генезису, представлені товщею пісків, які підстилаються нижньочетвертинними суглинками і супісками елювіального походження. З поверхні залягають ґрунти рослинного шару незначної потужності 0,3-0,5 м і шар супіску флювіогляціального генезису товщиною від 2,0 до 4,0 м.

Ґрунти основи не засолені, не просідні.

Є один безнапірний рівень підземних вод, відкритий більшістю свердловин на глибині 2,5 м. Територія майданчику підтоплювана.

На майданчику виділені такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

ІГЕ №1 – рослинний шар, потужність від 0,2 до 0,6 м.

ІГЕ № 2 – супісок легкий, пилуватий, сірий, жовтий і бурий, твердий з гніздами і прошарками піску, з вкрапленнями гідроокисів марганцю і заліза, з карбонатними включеннями, потужність від 0,6 до 4,2 м. Зустрічається як в покрівлі водно-льодовикових відкладів, так і в вигляді прошарків і лінз в їх товщі.

ІГЕ № 3 – пісок кварцовий, середньої крупності, сірувато-жовтий, з вкрапленнями гідроокисів заліза, щільний, ІГЕ№ IX – насичений водою. Потужність від 1,8 до 2,5 м.

ІГЕ № 4 - суглинок легкий, пилуватий, сірий і бурий, напівтвердий з гніздами і прошарками піску, з вкрапленнями гідроокисів марганцю і заліза, з карбонатними включеннями, текучий. Зустрічається на глибинах від 6,0 до 16,2

У таблиці 4.9 наведені значення фізико-механічних характеристик ґрунту, на рисунку 4.2 – інженерно-геологічний розріз будівельного майданчику.

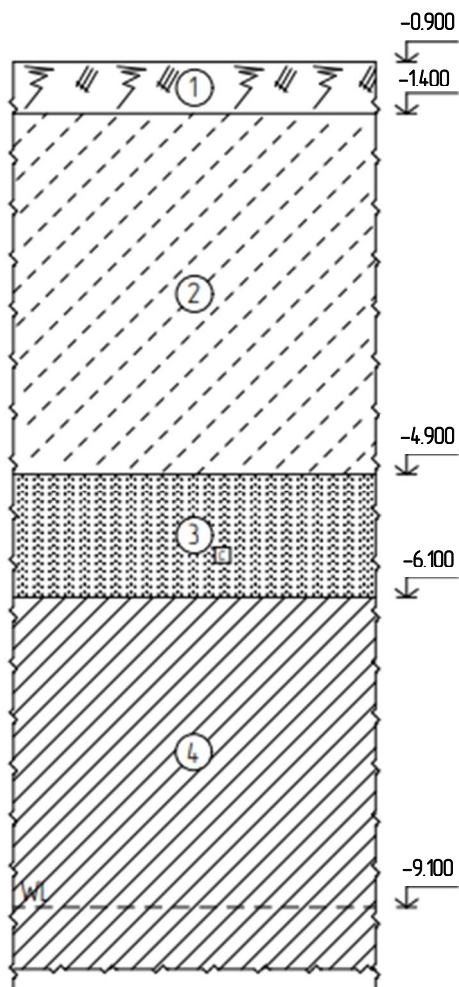


Рисунок 4.2 – Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчику

Таблиця 4.9 - Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Найменування ґрунту	γ , кН/м ³	γ_s , кН/м ³	W	W _l	W _p	I _p	I _l	e	S _r	C, кПа	φ, град.		E, МПа	R _o , кПа	γ_{sb} , кН/м ³
Рослинний шар, 0,3-0,5м	17,0	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Супісок пластичний жовтий 3,2-3,7м	18,5	27,0	0,18	0,18	0,13	0,05	0,3	0,72	0,68	7	26	0,30	7,4	200	9,88
Пісок середньої крупності 2,0-2,4 м	18,9	26,6	0,21	-	-	-	-	0,70	0,80	1	34	0,27	29	400	9,76
Суглинок сірий 12-14,0 м	18,6	26,8	0,26	0,32	0,22	0,10	0,3	0,82	0,85	19	19	0,37	12	180	9,23

4.2.2 Збір навантаження на фундаменти

Збір навантажень виконуємо для фундаментів несучої стіни по осі Г з вантажною площею $A_{\text{вант.}} = 4,19 \text{ м}^2$. Результати розрахунків представлені у таблиці 4.10. Навантаження збирались на рівні обрізу фундаментів. Товщина стін з цегли - 380 мм. При розрахунках товщина стін прийнята

420 мм з урахуванням оздоблення та утеплення.

Вага перегородок прийнята $2,4 \text{ кН/м}^2$.

Вага підлоги (керамічна плитка) – $1,75 \text{ кН/м}^2$.

Вага 1 м^2 конструкції покрівлі

- металочерепиця 0,15 кН;
- кроквяна система 0,15 кН;
- гідробар'єр 0,05 кН;
- утеплювач- мінвата $\gamma = 90 \text{ кг/м}^3$ 200 мм
0,9x0,2 0,18 кН;
- пароізоляція 0,05 кН;
- каркас підвісної стелі 0,15 кН;
- підвісна стеля 12,0x0,009 0,108 кН;

Разом 0,838 кН.

Снігове навантаження на 1 м^2 покриття складає

$$s_m = \gamma_{fm} s_0 C, \quad (4.5)$$

де $C = \mu C_e C_{alt}$;

$C_e = 1$, оскільки покрівля утеплена, $C_{alt} = 1$, оскільки висота над рівнем моря $H < 0,5 \text{ км}$;

Коефіцієнт форми покрівлі μ приймаємо за схемою 8 додатку Ж [69] як для будівель з плоскою покрівлею ($\alpha = 16^\circ$) $\mu = 1$.

У таблиці 4.10 показаний розрахунок вертикальних навантажень на фундамент по осі Г до реконструкції, в табл.4.11 – після реконструкції.

Найбільш несприятливим сполученням навантажень для фундаментів буде їх сума з урахуванням коефіцієнтів сполучень.

Враховуємо також коефіцієнт надійності за призначенням (γ_n)

$$N_e = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n;$$

$$N_m = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n.$$

Таблиця 4.10 – Навантаження на фундамент під зовнішню несучу стіну по осі Г до реконструкції

Вид навантаження	X_e , кН/м	γ_{fm}	X_m , кН/м
Постійні			
1. Вага стіни з цегли 0,42x 7,4x18,0	73,3	1,1	80,6
2. Вага блоків стіни підвалу 0,4 x2,85x24,0	41,0	1,1	45,2
3. Вага плит перекриттів 3,0x4,19x2	18	1,1	19,8
4. Вага підлоги 1,75x4,19	5,25	1,3	6,83
5. Вага даху 0,838x4,19/cos16°	2,6	1,3	3,4
Σ пост.	140,2		155,8
Змінні			
1. Перегородки 2,4x4,19	7,2	1,2	8,64
2. Вага снігу 1,36x4,19 ($\gamma_{fe}=0,49$)	2,0	1,14	4,7
3. Корисне навантаження 2,0x4,19+0,7x4,19	8,1	1,2	9,72
Σ змін.	17,3		23,1

$$N_e = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n = (140,2 + 0,95 \cdot 17,3) \cdot 0,975 = 152,7 \text{ (кН/п.м)};$$

$$N_m = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n = (155,8 + 0,95 \cdot 23,1) \cdot 1,1 = 195,5 \text{ (кН/п.м)}$$

Таблиця 4.11 – Навантаження на фундамент під зовнішню несучу стіну по осі А після реконструкції

Вид навантаження	X_e , кН/м	γ_{fm}	X_m , кН/м
Постійні			
1. Вага стіни з цегли 0,42x 11,1x18,0	109,9	1,1	120,9
2. Вага блоків стіни підвалу 0,4 x2,85x24,0	41,0	1,1	45,2
3. Вага плит перекриттів 3,0x4,19x4	36	1,1	39,6
4. Вага підлоги 1,75x4,19x3	15,8	1,3	20,5
5. Вага даху 0,838x3,0/cos16°	2,6	1,3	3,4

Продовження таблиці 4.11

Вид навантаження	X_e , кН/м	γ_{fm}	X_m , кН/м
Σ пост.	205,3		229,6
Змінні			
1. Перегородки 2,4x4,19x3	21,6	1,2	25,9
2. Вага снігу 1,36x4,19 ($\gamma_{fe}=0,49$)	2,0	1,14	4,7
3. Корисне навантаження 2,0x4,19x2+4x4,19+0,7x4,19	26,1	1,2	31,3
Σ змін.	49,7		61,9

$$N_e = (\Sigma N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \Sigma N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \Sigma N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n = (205,3 + 0,95 \cdot 49,7) \cdot 0,975 = 246,2 \text{ (кН/п.м)};$$

$$N_m = (\Sigma N_i^{\text{пост.}} + 0,9 \Sigma N_i^{\text{тим.корот.}} + 0,95 \Sigma N_i^{\text{тим.трив.}}) \gamma_n = (229,6 + 0,95 \cdot 61,9) \cdot 1,1 = 317,24 \text{ (кН/п.м)}$$

Існуючий фундамент бутобетонний, шириною 0,4 м.

Розрахунковий опір при прийнятих розмірах підшви визначаємо за формулою 4.6:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} \left[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}' + (M_q - 1) d_b \gamma_{II}' + M_c c_{II} \right]$$

де γ_{c1} і γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи;

k_z – коефіцієнт, що приймають при $b < 10\text{м}$ – $k_z = 1$, при $b \geq 10\text{м}$ – $k_z = z_0/b + 0,2$ (тут $z_0 = 8\text{м}$);

M_γ , M_q , M_c – коефіцієнти, що приймаються за таблицею норм;

k – коефіцієнт, що приймають $k = 1$, якщо міцнісні характеристики ґрунту (а і с) визначені безпосередніми випробуваннями, і $k = 1,1$, якщо прийняті за таблицею норм;

b – ширина підшви фундаменту;

γ_{II} – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту (за наявності підземних вод визначають з урахуванням зважувальної дії води), кН/м³;

γ_{II}' – те саме, що залягають вище підшви;

c_{11} – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під подошвою фундаменту, кПа;

d_1 - глибина закладання фундаментів безпідвальних споруд від рівня планування або приведена глибина закладання зовнішніх і внутрішніх фундаментів від підлоги підвалу.

Приймаємо, виходячи з найменшого значення глибини закладання:

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} (0,84 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 18,5 + 4,37 \cdot 0,5 \cdot 17 + 3,37 \cdot 2,0 \cdot 17 + 6,9 \cdot 7) = 212,5 (\text{кПа})$$

Максимальне значення навантаження, яке можна передати на фундамент:

$$N_e = RA - G_\phi = 212,5 \cdot 0,8 - 0,8 \cdot 0,5 \cdot 2 = 162 (\text{кН} / \text{м}).$$

Значення навантаження на фундамент за проектом, $N_e = 246,2 \text{ кН/м}$.

Таким чином необхідне підсилення.

4.2.3 Обґрунтування вибору варіантів підсилення основ і фундаментів

Розглянемо 2 можливих варіанти підсилення основ та фундаментів:

Варіант 1. Розглянемо варіант підсилення мікропалями без урахування роботи ростверку. Приймаємо буроін'єкційні палі діаметром 200 мм і довжиною 3,00 м.

Варіант 2. Розглянемо варіант підсилення мікропалями з урахуванням роботи ростверку.

Приймаємо буроін'єкційні палі діаметром 200 мм і довжиною 3 м.

Роботи з улаштування паль проводяться у такій послідовності.

1. Буріння свердловин поряд з існуючим фундаментом під захистом обсадних труб.

2. Опускають у порожнини металеві каркаси для армування паль. Каркаси складаються з трьох стержнів арматури діаметром 10-16 мм і круглих хомутів, діаметр яких на 10-16 мм менше діаметру свердловини. Каркаси опускають секціями по 2 м, що регламентується висотою приміщення підвалу.

3. Здійснюють бетонування стволів паль по мірі витягування обсадних труб через ін'єкційні труби діаметром 25-50 мм цементно-піщаним розчином, який подається під тиском до 0,3 МПа.

4. Після заповнення свердловини розчином ін'єкційні труби витягують на поверхню, а свердловину опресовують через клапан стисненим повітрям під тиском 0,3-0,5 МПа. Після опресування стисненим повітрям свердловину заповнюють цементно-піщаним розчином до її гирла.

4.3 Розрахунок підсилення фундаментів

4.3.1 Розрахунок підсилення фундаменту буроін'єкційними палями довжиною 3,00 м без врахування роботи ростверку

Для першого варіанту розглянемо випадок, коли все навантаження передається на палі підсилення.

Визначення несучої здатності паль і розміщення їх у ростверку .

Осереднене значення показника текучості ґрунтів по боковій поверхні палі складає:

$$I_L = \frac{\sum I_{L_i} h_i}{\sum h_i} = \frac{0,65 * 0,3 + 1,20 * 0,3 + 1 * 0,3}{2} = 0,3$$

Коефіцієнт умов роботи палі по боковій поверхні для буроін'єкційних паль складає $\gamma_{cf} = 0,8$ - для ІГЕ №2, №4, $\gamma_{cf} = 0,9$ -для ІГЕ №3

Осереднене значення коефіцієнту умов роботи по боковій поверхні

$$\gamma_{cf.cер} = \frac{\sum \gamma_{cf.i} h_i}{\sum h_i} = \frac{0,65 * 0,8 + 1,35 * 0,9}{2} = 0,87$$

Визначення значення опору по бічній поверхні для палі наведено у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 - Розрахунок опору по бічній поверхні

$H_i, \text{ м}$	$h_i, \text{ м}$	Показник текучості	γ_{cf}	f_i	$\gamma_{cf \cdot f_i \cdot h_i}$
3,475	0,65	$I_L = 0,3$	0.8	35,825	18,63
4,200	1,20	$I_L = 0,3$	0.9	38,55	46,78
5,30	1,0	$I_L = 0,3$	0.8	40,60	40,60
					$\Sigma = 106,0$ 1

Визначимо несучу здатність палі:

$$Fd = \gamma_c(\gamma_{cR} + RA + u \sum \gamma_{cR} f_i h_i)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи палі;

γ_{cR} – коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем;

R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа;

A – площа спирання палі, м²;

u – периметр поперечного перерізу стовбура палі, м;

γ_{cf} – коефіцієнт умов роботи ґрунту по бічній поверхні палі;

f_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту на бічній поверхні стовбура палі, кПа;

h_i – товщина i -го шару, дотичного з бічною поверхнею палі, м.

$$Fd = 1 * (1 * 710 * 0,04909 + 0,785 * 106,01) = 118,114 \text{ (кН)}$$

Опір під нижнім кінцем палі відповідно до таблиці норм: $R=710 \text{ кПа}$.

Несуча здатність палі за результатами розрахунку $Fd = 118,114 \text{ кН}$, допустиме навантаження на палю:

$$N = \frac{F_d}{\gamma_K} = \frac{118,114}{1,4} = 84,36 \text{ (кН)}$$

Потрібна кількість палей:

$$n = \frac{N_2^I \times k}{N} = \frac{(326,04 - 190,9 \times 0,4) \times 1,1}{84,36} = 3,26 \text{ (шт)}$$

Потрібна кількість палей на 1 п.м – 3,26 шт.

Потрібний крок паль при їх дворядному розміщенні:

$$l' = \frac{2}{3,26 \times 1,05} = 0,61(\text{м})$$

Приймаємо крок 0,6м (3d).

4.3.2 Розрахунок підсилення фундаменту буроін'єкційними палями довжиною 3,00 м без врахування роботи ростверку

Ширина ростверку підсиленого фундаменту 1,4 м.

Частка навантаження, що сприймається ростверком:

$$N^{II} = \sigma_{mt} \cdot A = 190,9 \cdot 1,4 = 267,26 \text{ (кН/м)}$$

Сумарне розрахункове вертикальне навантаження для другої групи граничних станів на рівні підосви підсиленого фундаменту:

$$\sum N^{II} = N_0^{II} + G_I^{II} + G_I^{II} + G_3^{II} = 246,2 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20 = 245,2 \text{ (кН/м)}$$

Сумарне розрахункове вертикальне навантаження для першої групи граничних станів на рівні підосви підсиленого фундаменту:

$$\sum N^{II} = N_0^I + G_f^I + G_I^I + G_3^I = 317,24 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1,1 = 326,04 \text{ (кН/м)}$$

Середнє значення коефіцієнту надійності за навантаженням $\gamma_{f.mt}$

визначається:

$$\gamma_{f.mt} = \frac{\sum N^I}{\sum N^{II}} = \frac{326,04}{245,2} = 1,33$$

Навантаження, яке потрібно передати на палі:

$$N_2^I \geq (\sum N^{II} - N^I) \cdot \gamma_{f.mt} = (326,04 - 245,2) \cdot 1,33 = 105,1 \text{ (кН/м)}$$

Несуча здатність палі за результатами розрахунку $F_d = 118,114 \text{ кН}$, допустиме навантаження на палю:

$$N = \frac{F_d}{\gamma_K} = \frac{118,114}{1,4} = 84,36 \text{ (кН)}$$

Потрібна кількість паль:

$$n = \frac{N_2^I \times k}{N} = \frac{105,1 \times 1,1}{84,36} = 1,37(\text{шт})$$

Потрібна кількість паль на 1 п.м – 1,37 шт.

Потрібний крок паль при їх дворядному розміщенні:

$$l' = \frac{2}{1,37 \times 1,1} = 1,33(\text{м})$$

Приймаємо крок 1,2м (6d).

Висновок до розділу 4

В даному розділі розглянуто архітектурно-будівельні рішення одноповерхової до реконструкції і трьохповерхової після реконструкції будівлі. Розроблено рішення підсилення фундаментів мілкою закладання мікропалями на основі досліджень, що виконані в попередніх розділах.

Прийняті в роботі архітектурно-конструктивні рішення відповідають вимогам завдання. При проектуванні об'єкту використовувались прогресивні технології, енергозберігаючі проектні рішення, сучасні будівельні матеріали. В конструктивній частині роботи виконано варіантне проектування підсилення фундаментів мікропалями з довжиною 3,0 м.

5.1 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів

Для того, щоб із розрахованих у підрозділі 4.2 конструктивних рішень підсилення існуючих фундаментів мілкового закладання, обрати найкращий, проведемо їх техніко-економічне порівняння з урахуванням витрат матеріалів і способу виробництва робіт. Обсяги робіт визначаємо для фундаментів поперечних несучих стін для ділянки довжиною 6 м. Результати підрахунку обсягів робіт нульового циклу для трьох варіантів фундаментів наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Обсяги робіт із влаштування варіантів фундаментів

Найменування роботи	Один. вимір.	Формула підрахунку	Кількість
1	2	3	4
Варіант 1. Підсилення фундаментів буроін'єкційними палями 3,00 м (6 м.п.) без врахування роботи ростверку			
Відкопування котловану	1000м ³	$V_3 = 2,95 \cdot 6 \cdot 2 + 0,5 \cdot 1 \cdot 6 = 35,9(\text{м}^3)$	0,0384
Улаштування буроін'єкційних паль діаметром 200 мм, довжиною 3,00 м	м ³ м	$8,76 \cdot 3,00 \cdot 0,2^2 \cdot 3,14 / 4 = 1,4(\text{м}^3)$ $8,76 \cdot 3,25 = 28,47 \text{ м}$	1,4 28,47
Улаштування бетонної підготовки	м ³	$6,0 \cdot 0,1 \cdot 1,7 = 1,02(\text{м}^3)$	1,02
Улаштування монолітного залізобетонного ростверку	м ³	$V_6 = 6 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 = 4,5 (\text{м}^3)$	4,5
Кількість арматури монолітного залізобетонного ростверку	кг	$G_a = V_6 \cdot 0,007 \cdot 7850 =$ $= 4,5 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 247,3 (\text{кг})$	247,3
Зворотна засипка ґрунту	1000м ³	$V_{\text{зас.}} = 2,95 \cdot 6 \cdot 2 - 0,51 - 2,25 = 32,64(\text{м}^3)$	0,03264
Ущільнення ґрунту у пазах котловану	100м ³	$V_{\text{ущіл.}} = V_{\text{зас.}} = 32,64\text{м}^3$	0,03264
Варіант 2. Підсилення фундаментів буроін'єкційними палями 3,00 м (6 м.п.) з врахуванням роботи ростверку			
Улаштування буроін'єкційних паль	м ³ м	$8,76 \cdot 3,00 \cdot 0,2^2 \cdot 3,14 / 8 = 0,7(\text{м}^3)$ $8,76 / 2 \cdot 3,25 = 14,24 \text{ м}$	0,7 14,24

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4
Улаштування бетонної підготовки	м ³	$6,0 \cdot 0,1 \cdot 1,7 = 1,02(\text{м}^3)$	1,02
Улаштування монолітного залізобетонного ростверку	м ³	$V_6 = 6 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 = 4,5 (\text{м}^3)$	4,5
Кількість арматури монолітного залізобетонного ростверку	кг	$G_a = V_6 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 4,5 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 247,3 (\text{кг})$	247,3
Зворотна засипка ґрунту	1000м ³	$V_{\text{зас.}} = 2,95 \cdot 6 \cdot 2 - 0,51 - 2,25 = 32,64(\text{м}^3)$	0,03264
Ущільнення ґрунту у пазухах котловану	100м ³	$V_{\text{ущіл.}} = V_{\text{зас.}} = 32,64\text{м}^3$	0,03264

5.2 Визначення кошторисної вартості фундаментів

Складений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК для кожного варіанту порівняння (таблиці 5.2-5.3).

Він розроблявся на основі:

ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН); збірника єдиних середніх 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.

Для розрахунку загальновиробничі витрати групуються в три блоки:

- а) засоби на заробітну плату робітників;
- б) відрахування на соціальні заходи;
- в) інші статті загально - виробничих витрат.

Результати порівняння варіантів наведені в таблиці 5.4.

Всі вищенаведені показники, окрім первісної вартості і-тої машини та нормативної тривалості роботи машини за рік, узяті з локальних кошторисів. При порівнянні варіантів приймається той варіант, який має мінімальне значення приведених витрат.

$$\Pi_i = C_i + E_n K_i \rightarrow \min, \quad (5.1)$$

Величина C і K прирівнюються за допомогою коефіцієнта дисконтування E_n , який приводить усі витрати до моменту вкладання коштів.

Собівартість робіт визначається за формулою:

$$C = ПВ + ЗВВ, \quad (5.2)$$

де ПВ – прямі витрати, грн. Під прямими витратами розуміють витрати, пов'язані з виконанням будівельних робіт, які можна прямо та безпосередньо включити до собівартості конкретних будівельних робіт;

ЗВВ – кошторисна величина загальновиробничих витрат, грн.

ПВ та ЗВВ визначаємо із локального кошторису (таблиці 5.2 – 5.3).

Капітальні вкладення у виробничі фонди:

$$K = K_{ОВФ} + K_{обігові\ кошт}, \quad (5.3)$$

де $K_{ОВФ}$ – вартість основних виробничих фондів;

$K_{обігові\ кошт} = C_{см.} / K_{обор.}$ – обігові кошти,

де $C_{см.}$ – кошторисна вартість (всього по кошторису), грн.;

$$K_{обор.} = 3-4.$$

Форма № 1

Таблиця 5.2 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 1
Варіант 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 16,157 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,078 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 1,628 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "24 листопада" 2024 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1, 2] м3, група ґрунтів 1	1000м3	0,0359	<u>6217,86</u> 157,87	<u>6053,90</u> 1912,64	223	6	<u>217</u> 69	<u>9,38</u> 66,504	<u>0,34</u> 2,39
2	E5-74-4	Улаштування бурових паль	м3	2,36	<u>1913,31</u> 27,98	<u>870,56</u> 186,53	4515	66	<u>2055</u> 440	<u>1,44</u> 9,602	<u>3,4</u> 22,66
3	E6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3	0,0102	<u>69945,46</u> 3294,47	<u>1898,95</u> 520,67	713	34	<u>19</u> 5	<u>195,75</u> 25,4989	<u>2</u> 0,26
4	ЕД6-50-15	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки з щитів опалубки площею до 1 м2 для улаштування ростверку і монолітного фундаменту під колону	100м3	0,045	<u>15580,67</u> 8018,93	<u>420,30</u> 130,88	701	361	<u>19</u> 6	<u>417,87</u> 6,9921	<u>18,8</u> 0,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	ЕД6-62-2	Встановлення арматури окремими стрижнями із зварюванням вузлів з арматурою у вигляді плоских сіток в масиви, окремі фундаменти і плитні основи, діаметр арматури, мм понад 8 до 14	m	0,2473	<u>23746,55</u> 624,84	<u>137,55</u> 31,74	5873	155	<u>34</u> 8	<u>31,75</u> 1,9722	<u>7,85</u> 0,49
6	ЕД6-66-2	Укладання бетонної суміші в конструкції ростверку і монолітного фундаменту під колону бетононасосами.	100м3	0,045	<u>61814,36</u> 1004,88	<u>1946,55</u> 497,99	2782	45	<u>88</u> 22	<u>53</u> 23,56	<u>2,39</u> 1,06
7	Е1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000м3	0,03264	<u>1287,92</u> -	<u>1287,92</u> 279,89	42	-	<u>42</u> 9	<u>-</u> 15,1575	<u>-</u> 0,49
8	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	0,3264	<u>619,28</u> 339,29	<u>279,99</u> 83,44	202	111	<u>91</u> 27	<u>18,36</u> 5,1175	<u>5,99</u> 1,67
		Разом прямі витрати по кошторису					15051	778	<u>2565</u> 586		<u>40,77</u> 29,33
		Разом будівельні роботи, грн.					15051				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					11708				
		всього заробітна плата, грн.					1364				
		Загальновиробничі витрати, грн.					1106				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					8,17				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					264				
		Всього будівельні роботи, грн.					16157				

		Кошторисна заробітна плата, грн.					1628				
		Всього по кошторису					16157				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					78				

Таблиця 5.3 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2
Варіант 2

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 15,157 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,071 тис.люд.-
год.
Кошторисна заробітна плата 1,463 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "24 листопада" 2024 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кіль- кість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.				
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин	не зайнятих обслуговуванням машин				
										заробіт- ної плати	в тому числі за- робітної плати	в тому числі за- робітної плати	тих, що обслуговують машини	
													на одини- цю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	E1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшем місткістю 1 [1-1, 2] м3, група ґрунтів 1	1000м3	0,006	<u>6217,86</u> 157,87	<u>6053,90</u> 1912,64	37	1	<u>36</u> 11	<u>9,38</u> 66,504	<u>0,06</u> 0,4			
2	E5-74-4	Улаштування бурових паль	м3	0,7	<u>1913,31</u> 27,98	<u>870,56</u> 186,53	1339	20	<u>609</u> 131	<u>1,44</u> 9,602	<u>1,01</u> 6,72			
3	E6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3	0,0102	<u>69945,46</u> 3294,47	<u>1898,95</u> 520,67	713	34	<u>19</u> 5	<u>195,75</u> 25,4989	<u>2</u> 0,26			
4	E5-74-4	Улаштування бурових паль	м3	1,29	<u>1913,31</u> 27,98	<u>870,56</u> 186,53	2468	36	<u>1123</u> 241	<u>1,44</u> 9,602	<u>1,86</u> 12,39			
5	ЕД6-50-15	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки з щитів опалубки площею до 1 м2 для улаштування ростверку і монолітного фундаменту під колону	100м3	0,045	<u>15580,67</u> 8018,93	<u>420,30</u> 130,88	701	361	<u>19</u> 6	<u>417,87</u> 6,9921	<u>18,8</u> 0,31			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	ЕД6-62-2	Встановлення арматури окремими стрижнями із зварюванням вузлів з арматурою у вигляді плоских сіток в масиви, окремі фундаменти і плитні основи, діаметр арматури, мм понад 8 до 14	m	0,2473	<u>23746,55</u> 624,84	<u>137,55</u> 31,74	5873	155	<u>34</u> 8	<u>31,75</u> 1,9722	<u>7,85</u> 0,49
7	ЕД6-66-2	Укладання бетонної суміші в конструкції ростверку і монолітного фундаменту під колону бетононасосами.	100м3	0,045	<u>61814,36</u> 1004,88	<u>1946,55</u> 497,99	2782	45	<u>88</u> 22	<u>53</u> 23,56	<u>2,39</u> 1,06
8	Е1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000м3	0,03264	<u>1287,92</u> -	<u>1287,92</u> 279,89	42	-	<u>42</u> 9	<u>-</u> 15,1575	<u>-</u> 0,49
9	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	0,3264	<u>619,28</u> 339,29	<u>279,99</u> 83,44	202	111	<u>91</u> 27	<u>18,36</u> 5,1175	<u>5,99</u> 1,67
		Разом прямі витрати по кошторису					14157	763	<u>2061</u> 460		<u>39,96</u> 23,79
		Разом будівельні роботи, грн.					14157				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					11333				
		всього заробітна плата, грн.					1223				
		Загальновиробничі витрати, грн.					1000				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					7,45				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					240				
		Всього будівельні роботи, грн.					15157				

		Кошторисна заробітна плата, грн.					1463				
		Всього по кошторису					15157				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					71				

Основні виробничі фонди визначаються за формулою:

$$K_{\text{ОВФ}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot T_{i,\text{об.}}}{T_{i,\text{річн.}}}, \quad (5.4)$$

де Φ_i – первісна вартість i -тої машини, грн. (в даному випадку приймемо вартість експлуатації машин із кошторису);

T_i – тривалість роботи i -тої машини на об'єкті, год.;

$T_{i,\text{річн.}}$ – нормативна тривалість роботи за рік, год.

Економічний ефект

$$E = \Pi_1 - \Pi_2$$

Таблиця 5.4 - Порівняння варіантів

Показники	Варіант 1	Варіант 2
Прямі витрати, тис. грн.	15,051	14,157
Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год.	0,078	0,071
Кошторисна заробітна плата, тис. грн.	1,628	1,463
Загальновиробничі витрати, тис. грн.	1,106	1
Усього за кошторисом, тис. грн.	16,157	15,157
Кошторисний прибуток, грн.		
Показники (обчислені)		
Кошторисна величина ЗВВ, тис. грн.	1,106	1
Собівартість робіт (С), тис. грн.	16,16	15,16
Обігові кошти, тис. грн.	5,39	5,05
Основні виробничі фонди, тис. грн.	1,979	1,601
Капіталовкладення в виробничі фонди, тис. грн.	7,36	6,65
Показник приведених витрат П, тис. грн.	17,04	15,96
Економічний ефект, тис. грн.		

Висновки по розділу 5

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння різних варіантів підсилення фундаментів.

Для двох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК. 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, в якій пораховані приведені витрати.

Порівнюючи кожний варіант із таблиці 5.4 ми бачимо, що найбільш економічним є 1 варіант підсилення фундаментів буроін'єкційними палями 3,00 м. Кошторисна вартість на влаштування становить – 14,151 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 0,066 тис. люд-год., приведені витрати - 1,381 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами огляду літературних джерел та технічної літератури:

- існуючі, традиційні методи підсилення фундаментів є трудомісткими та вартісними в умовах щільної забудови. В такому випадку, підсилення способом вдавлювання мікропаль є дешевшим і менш трудомістким, ніж класичні види підсилення;

- виконання даного типу підсилення можна проводити без зупинки будівництва, що є економічно вигідним та важливим фактором ;

- метод підсилення вдавлюваними мікропалями досить ефективно збільшує несучу здатність фундаменту.

- цей метод можна застосовувати під час підсилення, реконструкції та модернізації будівель, зміни їх цільових призначень та приведення стану будівель відповідно до діючих норм проектування;

- запобігання негативного впливу на прилеглу забудову як в процесі влаштування фундаментів, так і при подальшому їх завантаженні, що підтверджується візуальними та інструментальними спостереженнями;

- суттєвий економічний ефект за рахунок зменшення обсягів демонтажних і земляних робіт, оскільки нові ростверки влаштовуються, в основному в тілі існуючих стін підвалу;

Аналіз результатів досліджень чисельним моделюванням за методом скінчених елементів досліджено НДС системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» показав, що палі включаються в роботу тільки після виникнення додаткових навантажень на фундамент. Реактивний опір основи під підошвою існуючого фундаменту на всіх етапах роботи залишається практично незмінним, а допустиме навантаження на ростверк підсиленого фундаменту у порівнянні з навантаженням на існуючий фундамент збільшується за рахунок збільшення площі

На підставі чисельного моделювання виконано аналіз факторів, що впливають на частку навантаження, яку сприймає ростверк підсиленого фундаменту. Такими факторами є: крок паль в поздовжньому напрямку, відстань між рядами паль, довжина та тип палі підсилення, модуль деформації

та характеристики міцності ґрунту.

Діапазон зміни частки навантаження, що сприймає ростверк у складі підсиленого палями фундаменту – від 30 до 72 % (відсотки визначенні на момент досягнення фундаментами граничного значення осідання).

Прийняті в роботі архітектурно-конструктивні рішення відповідають вимогам завдання. При проектуванні об'єкту використовувались прогресивні технології, енергозберігаючі проектні рішення, сучасні будівельні матеріали. В конструктивній частині роботи виконано варіантне проектування підсилення фундаментів мікропалями з довжиною 3,0 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна №2 [Чинний від 2012-07-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2012. - 90 с.
2. ДБН В.1.2-12-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. [Чинний від 2009-01-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2009. - 36с.
3. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. [Чинний від 2017-01-10]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2017. - 35с.
4. ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. [Чинний від 2014-10-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2014. - 35с.
5. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення.[Чинний від 2019-01-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2019. - 42с.
6. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. / М.Л. Зоценко та ін. Полтава. 2003. 560с.
7. Демчина Б.Г., Ониськів Б М., Сорока Я. В., Канюк В. М. Підсилення фундаментів будинків під час їх реконструкції у м. Львові: Архітектурний вісник. Львів. 2001. С. 34-35.
8. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зміна № 1. [Чинний від 2020-06-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2020. - 10с.

9. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд: Навчальний посібник. Львів: НУЛП, 2008. 108 с.
10. Schlosser F., Plumelle C., Frank R., Puech A., International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. London 2013. Vol. 6. P. 163–182.
11. Савйовський В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. Харків. 1999. 287 с.
12. Herbst T.F. Historical Review and Analysis of 55 Years of Micropiles. Toronto 2007. 48p.
13. Micropile design and construction: reference manual for NHI course Washington, D.C.: FHWA 2005. 436p.
14. Лебеда О.Ф., Корнієнко М. В., Мовчан В. О., Приступчук В. В. Застосування вдавлюваних мікропаль при влаштування фундаментів нового будинку в умовах існуючої забудови. Будівельні конструкції. Київ. 2013. Вип. 79. С. 307- 312.
15. Бойко І.П., Підлуцький В.Л. Дослідження влаштування паль у фундаменті різної довжини: Збірник наукових праць. Полтава. 2012. Вип. 4(2). С. 42-48.
16. Бойко І.П., Пятков О., Підлуцький В.Л. Дослідження напружено-деформованого стану фундаментів з палями різної довжини багатоповерхових будинків у м. Київ: Збірник наукових праць. Київ. 2013. Вип. 3(2). С. 40-48.
17. Бойко І.П., Носенко В.С. Вплив послідовності зведення суміжних секцій висотного будинку на перерозподіл зусиль у пальових фундаментах: Збірник наукових праць. Полтава. 2012. Вип. 4(1) С. 54–60.
18. Бойко І.П., Корнієнко М. В., Сахаров В.О., Жук В.В. Особливості

розрахунку спільної роботи будівлі з ґрунтовою основою в сейсмічно- небезпечних районах. Полтава. 2015. № 2. С. 49-52.

- 19.Бойко І.П., Гаврилюк О.В. Визначення несучої здатності бурових паль в піщаній основі. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Полтава. 2014. №35. С. 60–67.
- 20.Бойко І.П. Польові методи випробування паль статичними навантаженнями. Основи і фундаменти. Полтава 2015. Вип. 36. С. 3–8.
- 21.Бойко І.П., Гаврилюк О.В. Чисельне моделювання взаємодії бурової палі з піщаною основою. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Полтава. 2013. №34 С. 57–64.
- 22.Бойко І.П., Молодець Л.В. Оцінка методів визначення осідання стрічкових пальових фундаментів. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Полтава. 2013. №34 С. 104–110.
- 23.Лебеда О.Ф. Корнієнко М. В., Мовчан В. О., Воронюк О.А. Дослідження несучої здатності багатосекційної вдавлюваної палі невеликого діаметру в ґрунтових умовах київського лесового плато. Основи і фундаменти. Київ: КНУБА. 2008. С. 47–57.
- 24.Лебеда О.Ф. Особливості підсилення фундаментів пам'ятки архітектури – контори цукрозаводчика харитоненка в м. Суми Основи та фундаменти. Київ: КНУБА. 2015. Вип. 31 С. 308–316.
- 25.Корнієнко М.В., Павленко П. В., Ращенко А. М., Воробйова Н. В. Про ефективність закріплення котлованів екраном з мікропаль. Основи та фундаменти. Київ: КНУБА. 2015. №37 С. 94–103.
- 26.Ониськів Б.М. Демчина Б. Г., Сорока Я. В., Канюк В. М. Підсилення фундаментів шахтних вентиляційних установок за умов техногенної ерозії ґрунтової основи. Львів. 2019. Вип. 91. С. 108– 113.

- 27.Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Випробування статичним вдавлюванням навантаженням буронабивної палі фундаментів надшахтної будівлі технологічного комплексу ствола шахти. Львів. 2012. Вип. 26. С. 106–110.
- 28.Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Дослідження технічного стану та підсилення фундаменту газоперекачувального агрегату компресорного цеху підземного газосховища. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Львів. 2015. Вип. 30. С. 479-486.
- 29.Демчина Б.Г., Кунанець Ю.М., Волосецький Н.Т. Вимірювання зусиль під підошвою палі за допомогою спеціальної вимірювальної пластини: Вісник Львівського національного аграрного університету. Львів: ЛНАУ, 2014. № 15. С. 40-45.
- 30.Демчина Б.Г., Корвін О., Гнатюк О. Т. Випробування буронабивних залізобетонних паль на горизонтальне зусилля на забудованих територіях. Львів: ЛНАУ, 2004. С. 1–8.
- 31.Шевчук Г.П. Підсилення існуючих фундаментів будівель, які знаходяться у критичному стані: Науковий вісник НЛТУ. Львів: НЛТУ, 2012. Вип. 22. С. 136-142.
- 32.Моргун А.С. Метод граничних елементів в розрахунках бурових паль: Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 23с.
- 33.Маєвська І.В., Блащук Н.В. Математичне моделювання підсиленого палями стрічкового фундаменту: Науково-технічний збірник “Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.” Вінниця: ВНТУ, 2010. 6с.
- 34.Маєвська І.В., Блащук Н.В., Цимбал С.О. Різниця в роботі пальового

фундаменту і підсиленого палями стрічкового фундаменту мілкового закладання за результатами фізичного моделювання. Вінниця: ВНТУ, 2016 С. 31–39.

- 35.Маєвська І.В., Блащук Н.В. Методика розрахунку підсилення стрічкових фундаментів палями з урахуванням роботи існуючого фундаменту: Науково-технічний збірник “Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.” Вінниця: ВНТУ, 2012. С. 51–55.
- 36.Блащук Н.В., Моргун А.С., Маєвська І.В. Моделювання за методом граничних елементів процесу підсилення стрічкового фундаменту палями: Вісник Вінницького політехнічного інституту. Вінниця: ВНТУ, 2008. С. 9–12.
- 37.ДБН В.2.1-36-2-2002 Підсилення фундаментів будівель та споруд багатосекційними вдавленими палями. [Чинний від 2003-01-01]. Вид.офіц.Київ : Мінрегіон України 2003. - 16с.
- 38.Bogusz W., Godlewski T., Kaczyński L. Waria i zabezpieczenie konstrukcji budynku sali gimnastycznej z wykorzystaniem technologii mikropali Awaria i zabezpieczenie konstrukcji budynku. Warszawa. 2017. 12s.
- 39.Szruba M., Budownictwo N. Przegląd i zastosowanie. Pali i mikropali. Krakow. 2018. S. 82-92.
40. Jurczakiewicz A.W., Karczmarczyk A.W. Stabilizacja posadowienia zabytkowych stabilization of historical buildings foundation by means of micropiles: practical experiences. Krakow. 2011. S. 127-138.
- 41.Ониськів Б.М., Демчина Б. Г., Сорока Я. В., Канюк В. М. Підсилення фундаментів залізобетонними буронабивними мікропалями під час реконструкції будинків в умовах суцільної забудови. Львів. 1991. С.

209–213.

- 42.Кунанець Ю.М. Підсилення фундаментів методом вдавлювання трубобетонних мікропаль: Вісник Львівського національного аграрного університету. Львів: ЛНАУ, 2020. № 21. С. 66-70.
- 43.Бойко І.П., Підлущкий В.Л. Пальові фундаменти висотних будинків у складних ґрунтових умовах: Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпро. 2014. № 8. С. 23-32.
- 44.Лебеда О.Ф., Корнієнко М.В., Мовчан В.О. Про розвиток зсувних процесів та протизсувні заходи на забудованій ділянці схилу долини річки Либідь. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Київ: КНУБА, 2013. № 34. С. 72–81.
- 45.Кунанець Ю.М., Демчина Б.Г. Applying of multi-section pressed piles in the complex with a foundation plate during the construction of the "Taurus" hotel: Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса. 2020. С. 145–151.
- 46.Sharma B., Buragohain P. Behaviour of micropile groups under oblique pull out loads in sand: Indian Geotech. J. Springer, India. 2013. Vol. 44, № 4. P. 400–408.
- 47.Зоценко М.Л., Сєдін В.Л., Бікус К.М. Вплив повторного навантаження на деформативність основ вдавлених паль. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2014. Вип. 17, № 2. С. 68–74.
- 48.Gurpersaud N., Canada K. Utilization of Micropiles at the Expansion of BMO Field, Canada Utilization of Micropiles at the Expansion of BMO. Canada. 2020 15p.
- 49.Lanczos C. The Variational Principles of Mechanics. Dover Publications, Rochester, New York. 1986. 587p.

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його підсиленні мікропалами

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Керівник Блащук Н. В., доцент
(прізвище, ініціали, посада)

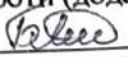
Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність, %	82
Загальна схожість, %	18

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор 
(підпис)

Бубела А.А.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота пройшла перевірку
на плагіат і допущена
до захисту

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Блащук Н.В.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б.
Графічна частина

Відомість графічної частини

№ Аркуша	Найменування	Примітки
1	Тема роботи	Плакат 1
2	Мета, задачі досліджень, об'єкт, предмет досліджень	Плакат 2
3	Підсилення фундаментів мікропалями	Плакат 3
4	Експериментальні дослідження підсилення фундаментів мікропалями	Плакат 4
5	Модель фундаменту	Плакат 5
6	Графіки залежності осідання–навантаження фундаменту	Плакат 6
7	Залежність частки навантаження, що сприймає ростверк	Плакат 7
8	Залежність величини допустимого навантаження на підсилений фундамент	Плакат 8
9	Результати моделювання НДС системи I підгрупа	Плакат 9
10	Результати моделювання НДС системи II підгрупа	Плакат 10
11	Будівля до реконструкції: Фасад 1-5, Фасад Д-А, Розріз 1-1	Плакат 11
12	Генеральний план, 3D візуалізація	Плакат 12
13	Будівля після реконструкції: Фасад 1-5, Фасад Д-А	Плакат 13
14	Розріз 1-1, Розріз 2-2	Плакат 14
15	План 1-го поверху, 2-го та 3-го поверхів	Плакат 15
16	План покриття, план крокв	Плакат 16
17	План фундаментів	Плакат 17
18	Висновки	Плакат 18

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Врахування роботи існуючого фундаменту
як ростверку при його підсиленні мікропалями**

Магістрант:
Керівник:
Блащук Н. В.

Бубела А.А.

Актуальність теми

Підсилення фундаментів палями виконують особливо часто у випадках збільшення поверховості будівлі і навантаження, а також у зв'язку з погіршенням несучої здатності основи. На сьогодні існує багато різновидів паль, але значного поширення при підсиленні набули мікропалі у зв'язку з незначними габаритами і можливістю улаштування в умовах реконструкції та підсилення. Незважаючи на те, що палі застосовуються давно і в різних ґрунтових умовах, залишається ще досить багато питань. Актуальним серед них є врахування роботи існуючого фундаменту. При проектуванні та розрахунку такого підсилення виникає чимало питань. Числове моделювання дає змогу оцінити напружено-деформований стан (НДС) системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа», разом з тим при моделюванні виникає багато питань щодо вибору програмного комплексу для моделювання і розрахункової моделі ґрунту, а також необхідності врахування етапів навантаження.

Оскільки на теперішній час будівництво здійснюється переважно за рахунок ущільнення забудови, яка існує, а також реконструкції, що потребує підсилення фундаментів, то дослідження НДС системи «існуючий фундамент – палі підсилення – основа» з врахуванням етапів навантаження є актуальною задачею.

Мета дослідження: Кількісна та якісна оцінка роботи існуючого фундаменту і мікропаль при його підсиленні на числових моделях.

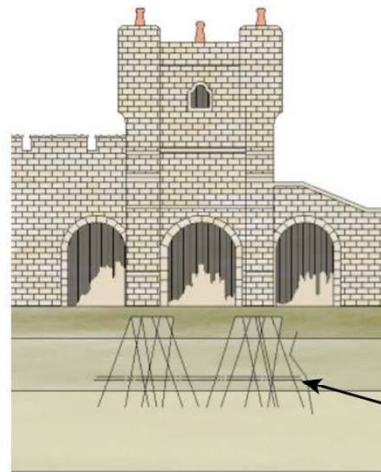
Об'єктом дослідження є напружено-деформований стан основи при підсиленні стрічкового фундаменту мікропалями.

Предмет дослідження - стрічковий фундамент мілкого закладання при підсиленні мікропалями.

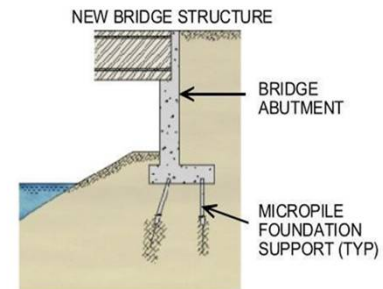
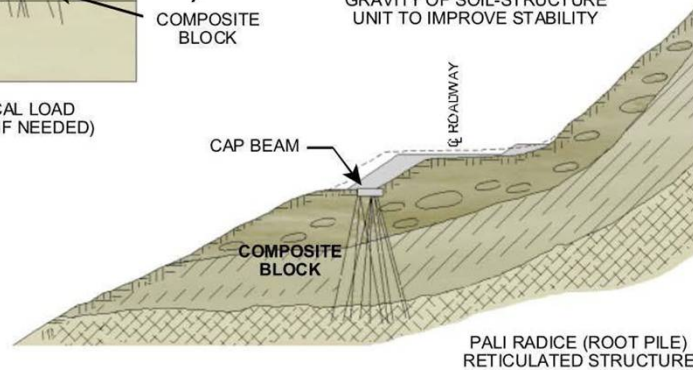
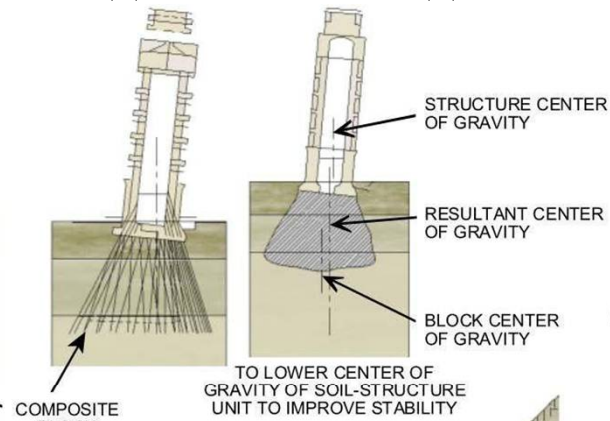
Методи дослідження - аналітичний огляд літератури, чисельний метод скінчених елементів для моделювання напружено-деформованого стану ґрунтових основ.

Наукова новизна. У роботі дістали подальшого розвитку методи дослідження напружено-деформованого стану підсиленого мікропалями стрічкового фундаменту.

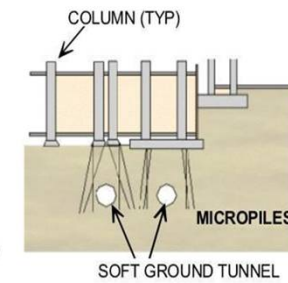
ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ МІКРОПАЛЯМИ



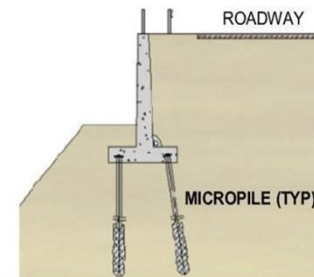
TO SUPPORT VERTICAL LOAD
AND LATERAL LOADS (IF NEEDED)



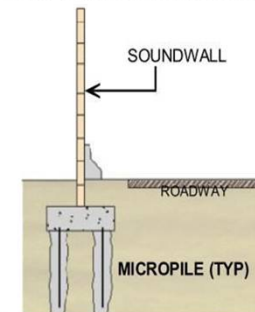
A) BRIDGE FOUNDATION SUPPORT



B) MICROPILE FOUNDATION SUPPORT
FOR SOFT GROUND TUNNELING
BENEATH EXISTING STRUCTURES



C) FOUNDATION SUPPORT FOR CAST
IN PLACE REINFORCED CONCRETE
RETAINING WALLS



D) FOUNDATION SUPPORT FOR
HIGHWAY SOUNDWALLS

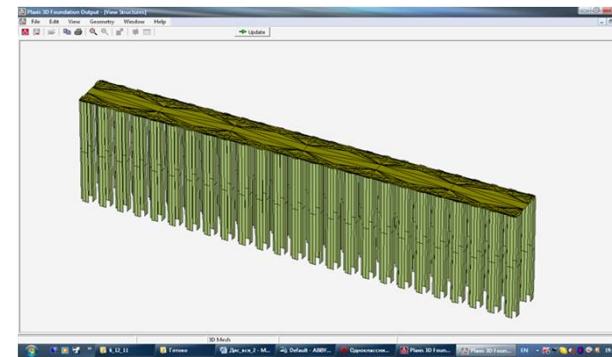
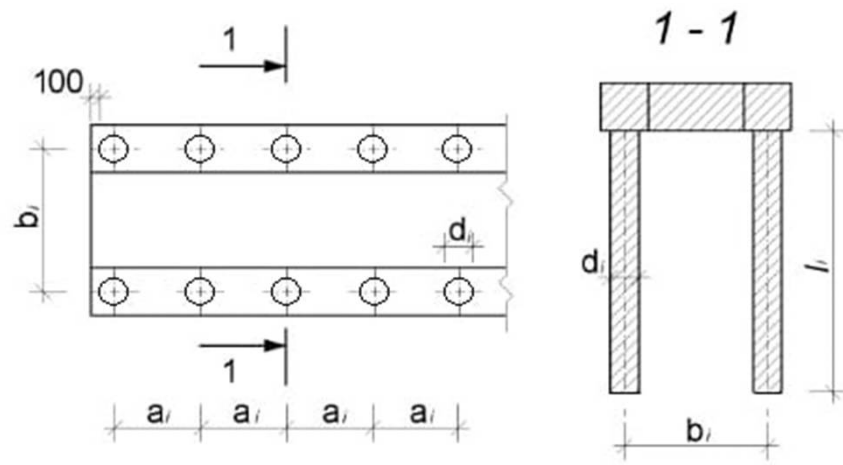
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ МІКРОПАЛЯМИ

Програма моделювання сумісної роботи існуючого фундаменту і паль при його
підсиленні для підгруп I та II

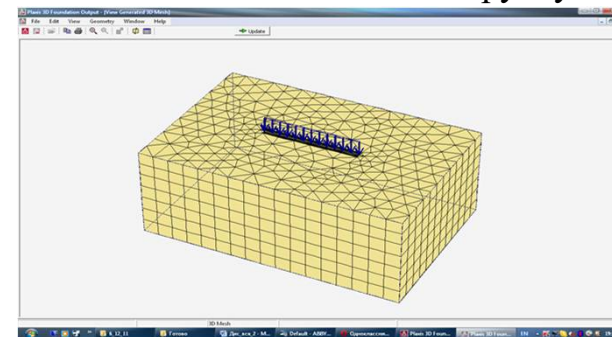
Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль	Відстань між рядами паль
1	$L = 3 \text{ м}, d = 0,3 \text{ м}$	$3d, 50 \text{ шт.}$	$5d$
		$6d, 26 \text{ шт.}$	
		$9d, 18 \text{ шт.}$	
		$12d, 14 \text{ шт.}$	
2	$L = 6 \text{ м}, d = 0,3 \text{ м}$	$3d, 50 \text{ шт.}$	$5d$
		$6d, 26 \text{ шт.}$	
		$9d, 18 \text{ шт.}$	
		$12d, 14 \text{ шт.}$	
3	$L = 9 \text{ м}, d = 0,3 \text{ м}$	$3d, 50 \text{ шт.}$	$5d$
		$6d, 26 \text{ шт.}$	
		$9d, 18 \text{ шт.}$	
		$12d, 14 \text{ шт.}$	

Розрахункова модель підсиленого палями фундаменту
при кроці паль $9d$ ($l = 6$ м)

Модель фундаменту

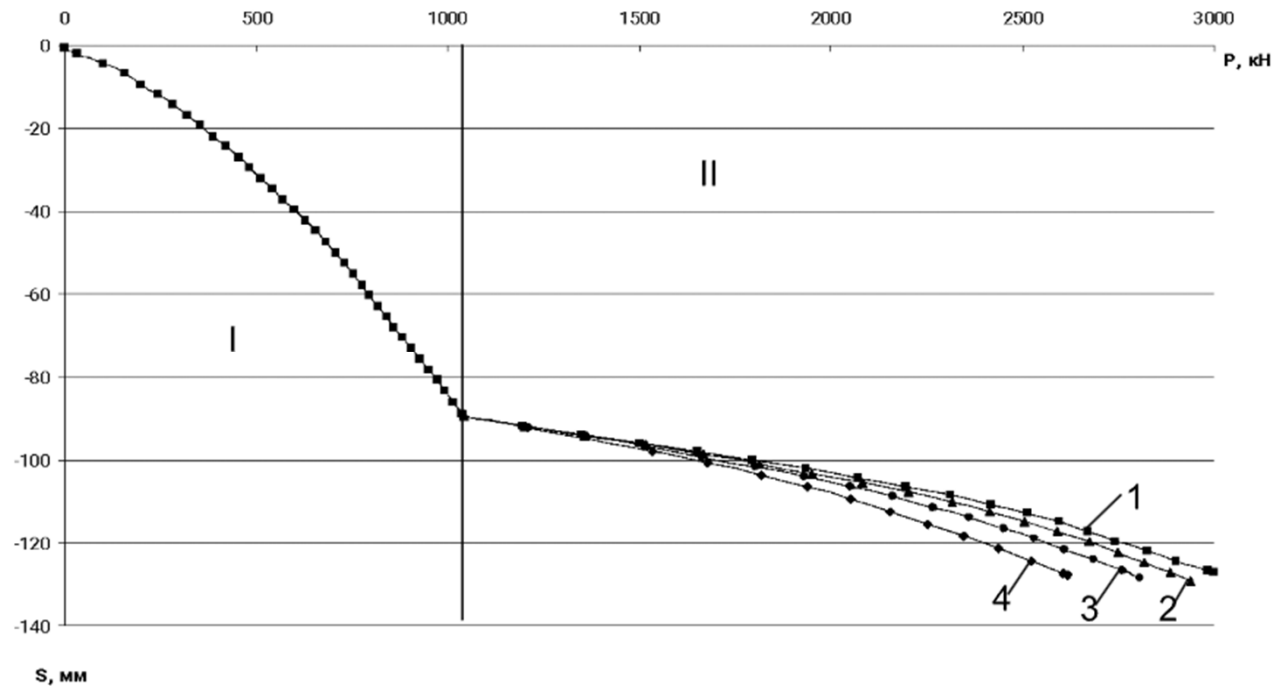


Розташування моделі під дією вертикального
навантаження в масиві ґрунту

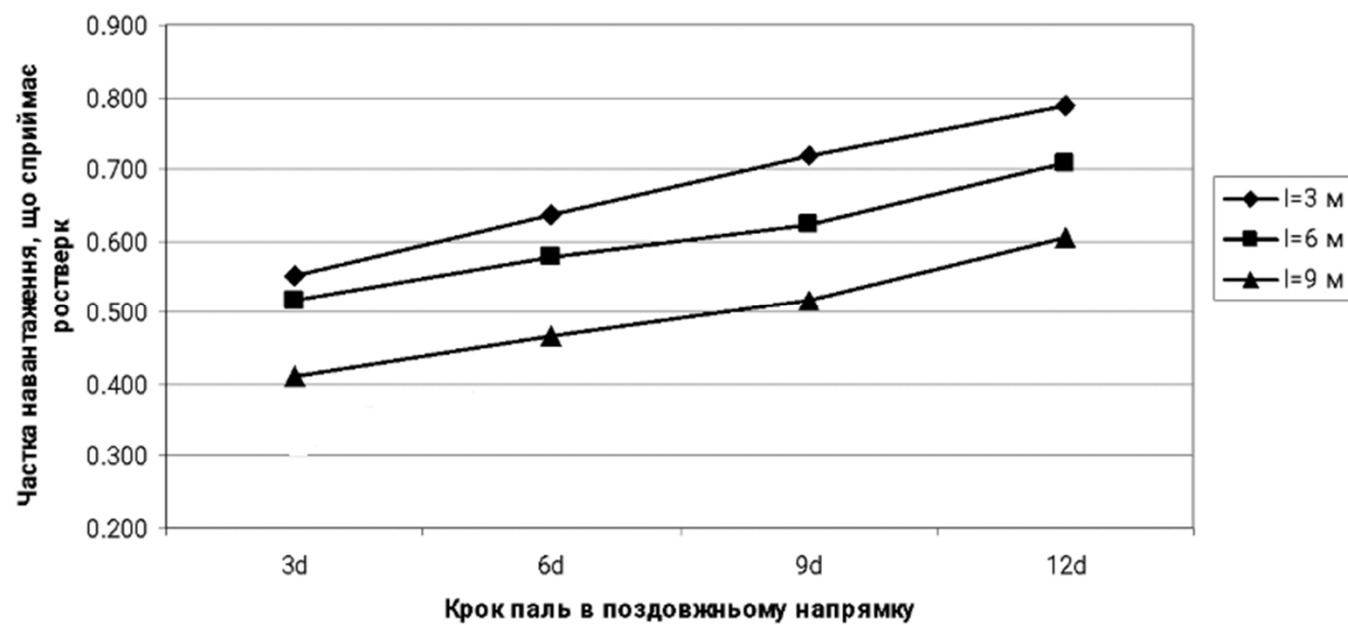


Графіки залежності осідання–навантаження фундаменту:

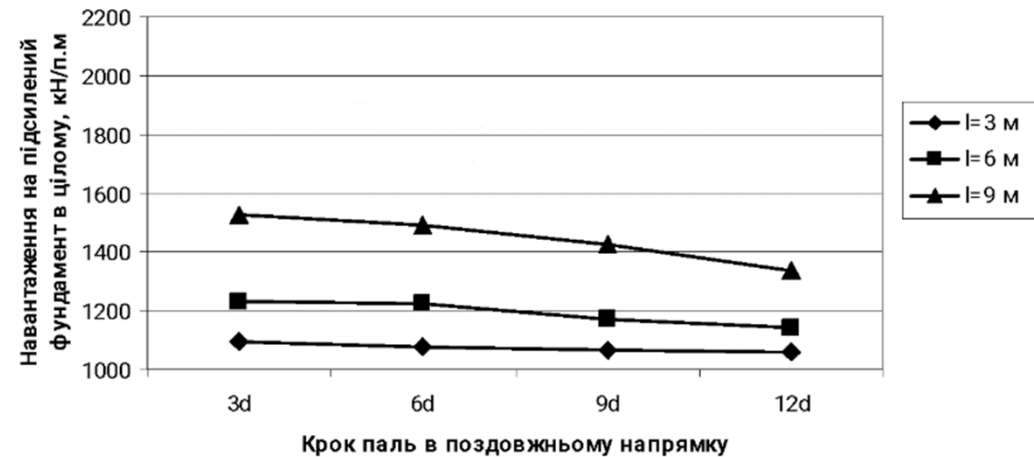
I стадія – робота фундаменту до підсилення; II стадія – робота підсиленого палями фундаменту; 1 – крок паль підсилення в поздовжньому напрямку $3d$; 2 - крок паль $6d$; 3 – крок паль $9d$; 4 – крок паль $12d$



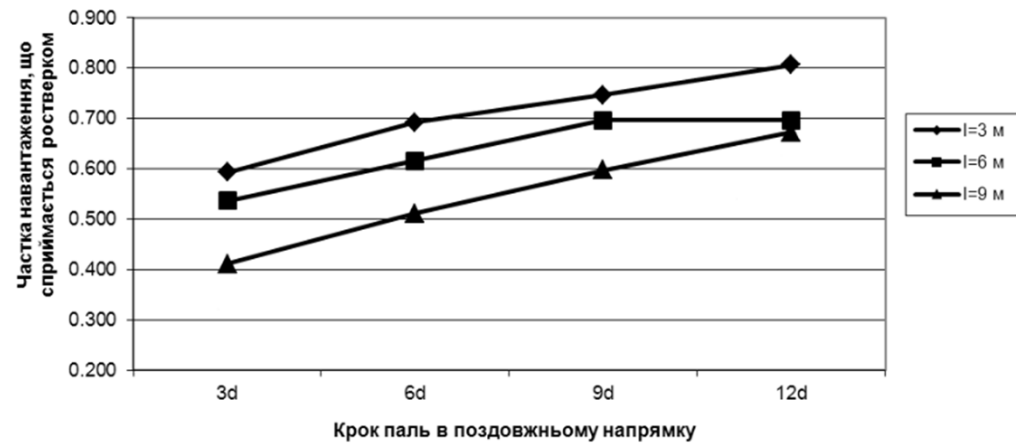
Залежність частки навантаження, що сприймає ростверк, для певної довжини паль підсилення, що влаштовані без виймання ґрунту, при різному кроці в поздовжньому напрямку (пісок середньої крупності)



Залежність величини допустимого навантаження на підсилений фундамент в цілому від кроку в поздовжньому напрямку паль підсилення



Залежність частки навантаження, що сприймається ростверком, для певної довжини паль підсилення, що влаштовані з вийманням ґрунту, при різному кроці в поздовжньому напрямку (пісок середньої крупності)



Результати моделювання НДС
системи I підгрупа

№	F_i , кН/м	F_{pi} , кН/м	F_{pi}/F_i	F_{ni} , кН	$F_{ni}/F_{o.n.i}$	a_i , м	a_i/d	l_i , м	l_i/d
1	1334	806,3	0,604	950,0	0,699	3,6	12	9	30
2	1144	811,0	0,709	599,4	0,636	3,6	12	6	20
3	1059	833,5	0,787	405,7	0,760	3,6	12	3	10
4	1424	735,8	0,517	929,0	0,683	2,7	9	9	30
5	1174	733,0	0,624	599,0	0,636	2,7	9	6	20
6	1064	764,0	0,718	405,0	0,758	2,7	9	3	10
7	1489	693,0	0,465	716,4	0,527	1,8	6	9	30
8	1224	707,0	0,578	465,3	0,494	1,8	6	6	20
9	1074	684,0	0,637	351,0	0,657	1,8	6	3	10
10	1524	625,0	0,410	404,6	0,298	0,9	3	9	30
11	1229	636,0	0,517	267,0	0,283	0,9	3	6	20
12	1094	603,0	0,551	221,0	0,414	0,9	3	3	10

Результати моделювання НДС
системи II підгрупа

№	F_i кН/м	F_{pi} кН/м	F_{pi}/F_i	F_n	$F_n/F_{o.n.}$	a_i , м	a_i/d	l_i , м	l_i/d
1	1274	856,4	0,672	751,7	0,917	3,6	12	9	30
2	1124	837,7	0,745	515,3	0,792	3,6	12	6	20
3	1059	854,5	0,807	368,1	0,773	3,6	12	3	10
4	1374	821,3	0,598	746,1	0,910	2,7	9	9	30
5	1149	800,2	0,696	470,9	0,723	2,7	9	6	20
6	1064	794,0	0,746	364,5	0,766	2,7	9	3	10
7	1449	741,8	0,512	636,5	0,776	1,8	6	9	30
8	1189	732,8	0,616	410,6	0,631	1,8	6	6	20
9	1064	736,4	0,692	294,8	0,619	1,8	6	3	10
10	1524	627,3	0,412	403,5	0,492	0,9	3	9	30
11	1224	656,8	0,537	255,2	0,392	0,9	3	6	20
12	1094	648,4	0,593	200,5	0,421	0,9	3	3	10

Будівля до реконструкції

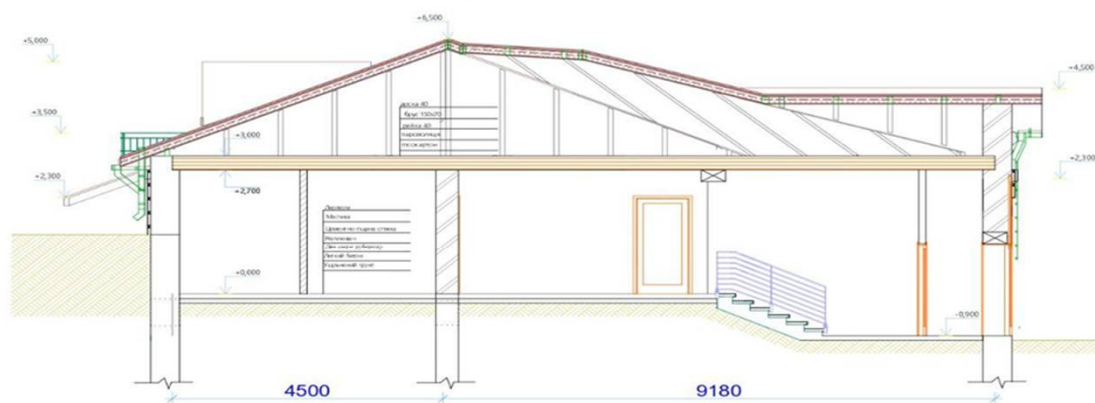
Фасад 1-5



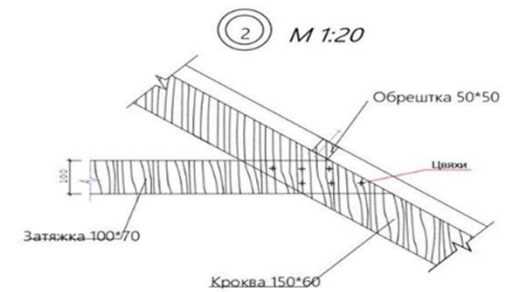
Фасад Д-А



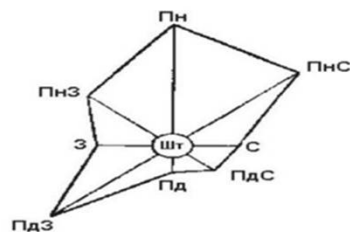
Розріз 1-1



М 1:20



Ген план М 1:500



Умовні позначення

-  Зелене насадження
-  Декоративні насадження
-  Троотуарне покриття
-  Асфальтне покриття

Перспективна 3-D візуалізація



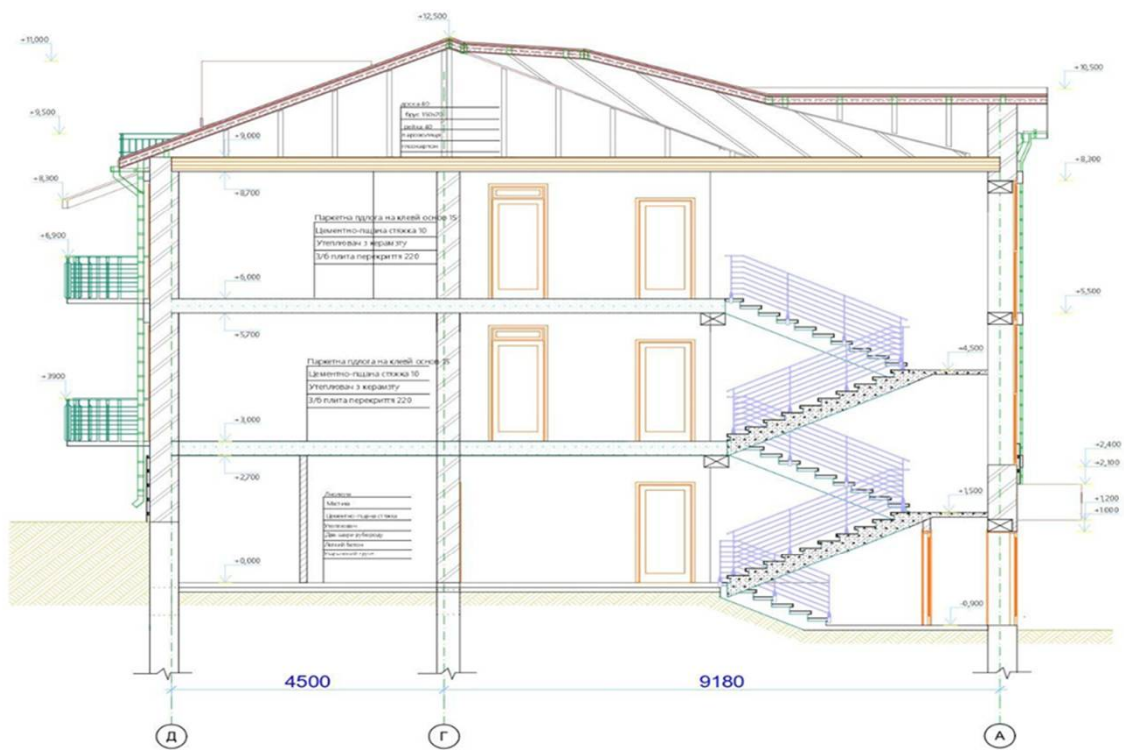
Основні показники генерального плану

Показник	Величина	Примітка
Площа земельної ділянки	489 м ²	
Площа забудови	275,35 м ²	
Площа проїздів та доріжок	123 м ²	
Площа озеленення	90,65 м ²	

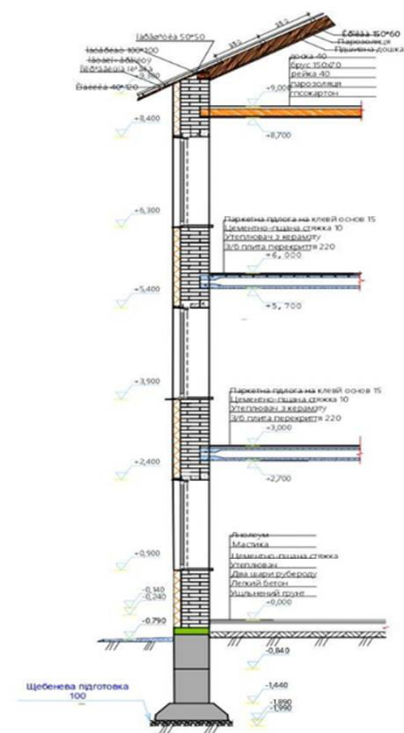
Будівля після реконструкції



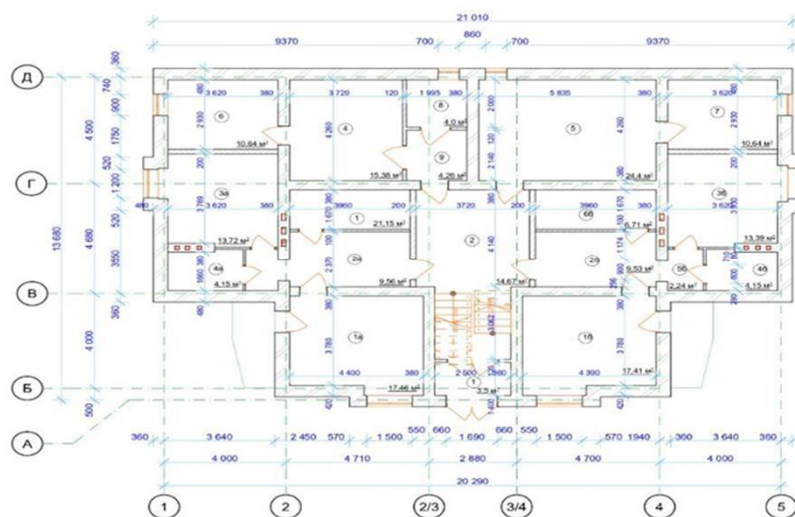
Розріз 1-1



Розріз 2-2



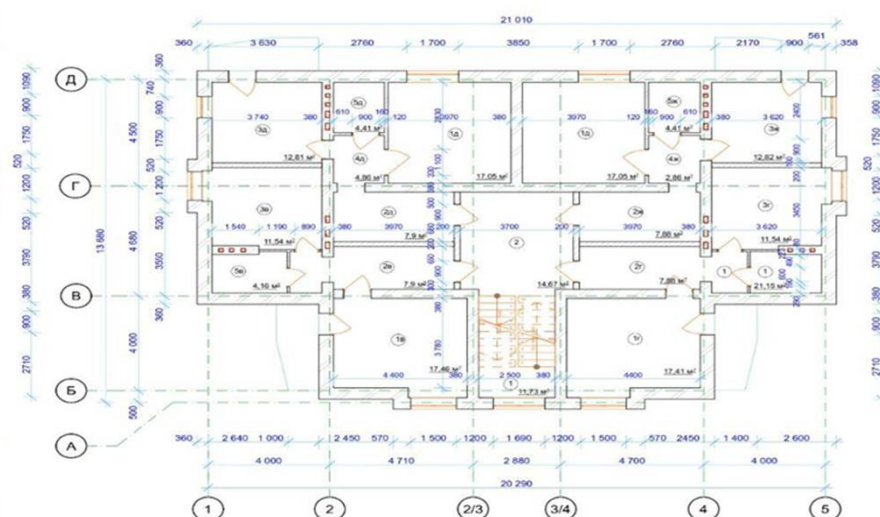
План 1-го поверху М 1:100



Експлікація приміщень 1-го поверху

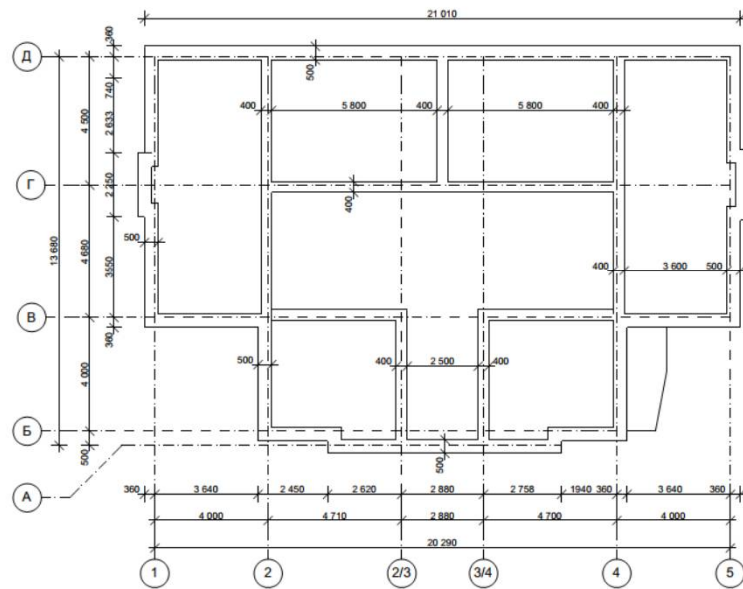
№ п.п.	Назва приміщення	Площа, м²
1	Тамбур	3,30
2	Складові кімнати	7,03
3	Хол	14,07
4	Текстильні приміщення	15,38
5	Текстильні приміщення	24,40
6	Водопровідний вузол	10,64
7	Текстильні приміщення	10,64
8	Електропункт	4,00
9	Коридор	4,26
1А – однокімнатна житлова квартира		
1а	Житлова кімната	17,46
2а	Хол	9,56
3а	Кухня	13,72
4а	Санвузол	4,15
5а	Коридор	2,24
6а	Кладовка	6,73
7а	Балкон	1,35
1Б – однокімнатна житлова квартира		
1б	Житлова кімната	17,41
2б	Хол	9,53
3б	Кухня	13,39
4б	Санвузол	4,15
5б	Коридор	2,24
6б	Кладовка	6,71
7б	Балкон	1,35
Загальна площа по 1-ому поверху		265,4

План 2-го та 3-го поверхів М 1:100

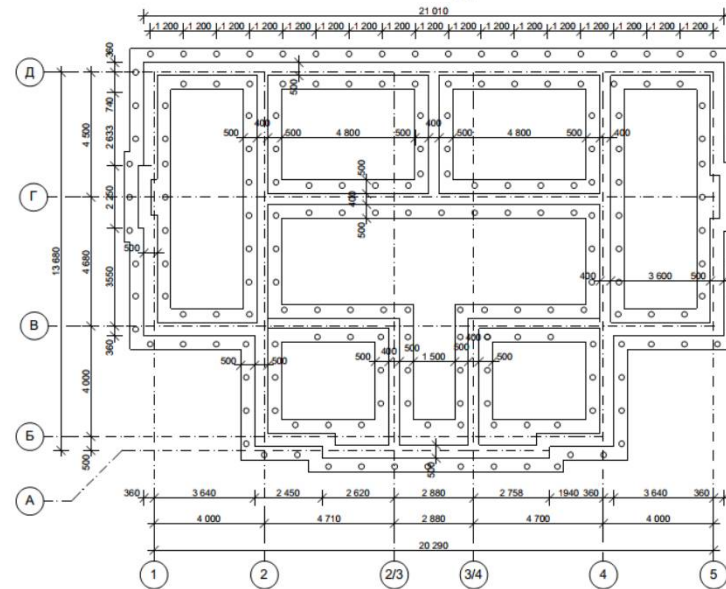


This architectural drawing shows a detailed floor plan of a building, likely a school or institutional structure, with a complex, multi-angled layout. The plan is overlaid with a coordinate grid. The vertical axis is labeled with letters Д, Г, В, Б, and А from top to bottom. The horizontal axis is labeled with numbers 1, 2, 2/3, 3/4, 4, and 5 from left to right. Numerous dimensions are provided in millimeters, indicating the size of various rooms, corridors, and structural elements. The drawing includes walls, doors, windows, and internal partitions. A green dashed line outlines the main footprint of the building, while blue dashed lines indicate the grid lines. The overall shape is irregular, with several protrusions and recessions.

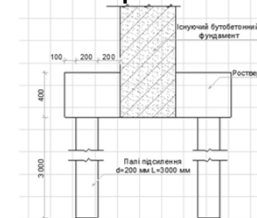
План існуючих фундаментів



План підсилених фундаментів



Розріз 1-1



Висновки

За результатами огляду літературних джерел та технічної літератури:

- виконання даного типу підсилення можна проводити без зупинки будівництва, що є економічно вигідним та важливим фактором ;
- цей метод можна застосовувати під час підсилення, реконструкції та модернізації будівель, зміни їх цільових призначень та приведення стану будівель відповідно до діючих норм проектування;
- запобігання негативного впливу на прилеглу забудову як в процесі влаштування фундаментів, так і при подальшому їх завантаженні, що підтверджується візуальними та інструментальними спостереженнями;
- суттєвий економічний ефект за рахунок зменшення обсягів демонтажних і земляних робіт, оскільки нові ростверки влаштовуються, в основному в тілі існуючих стін підвалу;

Аналіз результатів досліджень чисельним моделюванням за методом скінчених елементів досліджено НДС системи «існуючий фундамент–палі підсилення–основа» показав, що палі включаються в роботу тільки після виникнення додаткових навантажень на фундамент. Реактивний опір основи під подошвою існуючого фундаменту на всіх етапах роботи залишається практично незмінним, а допустиме навантаження на ростверк підсиленого фундаменту у порівнянні з навантаженням на існуючий фундамент збільшується за рахунок збільшення площі

На підставі чисельного моделювання виконано аналіз факторів, що впливають на частку навантаження, яку сприймає ростверк підсиленого фундаменту. Такими факторами є: крок паль в поздовжньому напрямку, відстань між рядами паль, довжина та тип паль підсилення, модуль деформації та характеристики міцності ґрунту.

Діапазон зміни частки навантаження, що сприймає ростверк у складі підсиленого палями фундаменту – від 30 до 72 % (відсотки визначенні на момент досягнення фундаментами граничного значення осідання).

Прийняті в роботі архітектурно-конструктивні рішення відповідають вимогам завдання. При проектуванні об'єкту використовувались прогресивні технології, енергозберігаючі проектні рішення, сучасні будівельні матеріали. В конструктивній частині роботи виконано варіантне проектування підсилення фундаментів мікропалями з довжиною 3,0 м.

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу
здобувача Бубели Андрія Анатолійовича

на тему: «Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його
підсиленні мікропалями»

Магістерська кваліфікаційна робота, яку подано на опонування, відповідає затвердженій темі та завданню, виконана вчасно та у повному обсязі. Тема магістерської роботи – актуальна так, як пов'язана із підвищенням надійності споруд при реконструкції і підсиленні, зменшенням витрат на будівництво, реконструкцію та експлуатацію.

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглядаються основні методи підсилення фундаментів мікропалями та проаналізовані види мікропаль, виконано огляд наявного практичного досвіду підсилення фундаментів мікропалями.

У другому розділі роботи виконано планування чисельного моделювання системи системи «основа – існуючий фундамент – мікропалі підсилення» та безпосередньо виконано моделювання за допомогою програми Plaxis. Третій розділ присвячено аналізу та узагальненню отриманих результатів числового моделювання.

У технічній частині розглянуто проектування технічного об'єкту – одноповерхова будівля до реконструкції з подальшою надбудовою двох поверхів та влаштуванням підсилення фундаментів мікропалями.

У розділі економіки складено кошторисну документацію, яка дозволяє оцінити економічну доцільність врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його підсиленні мікропалями.

Текстова та графічна частина роботи виконана на листах формату А4 і в свою чергу складається з 5 розділів пояснювальної записки. Висновки і пропозиції, викладені в магістерській роботі, є достатньо аргументованими.

В магістерській кваліфікаційній роботі наявні недоліки:

- не на всі нормативні документи, наведені в тексті пояснювальної записки є посилання.
- недостатньо описано особливості врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку.

Проте вказані недоліки не впливають на цінність та значимість магістерської роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота в цілому виконана на достатньому рівні та у відповідності з завданням із дотриманням всіх вимог. Робота заслуговує оцінки (С) 75 балів, а її автор Бубела Андрій Анатолійович – присвоєння кваліфікації «магістра будівництва» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», згідно освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво».

Доцент кафедри ТЕ, к.т.н., доцент
посада, науковий ступінь, вчене звання)



Степанова Н. Д.
(ініціали, прізвище)

Відгук керівника
на магістерську кваліфікаційну роботу
здобувача Бубели Андрія Анатолійовича

на тему: «Врахування роботи існуючого фундаменту як ростверку при його
підсиленні мікропалями»

Тема МКР відповідає напрямку наукових досліджень кафедри БМГА. Магістерська кваліфікаційна робота є актуальною і присвячена важливим питанням дослідження роботи елементів підсиленого фундаменту, що сприяє зменшенню витрат матеріалів та енергії на реконструкцію та підсилення фундаментів. Тому дослідження системи «основа – існуючий фундамент – мікропалі підсилення» є актуальною задачею для підвищення надійності та економічності будівельних проектів.

У процесі виконання здобувач Бубела А. А. успішно застосовував програмні комплекси для обробки аналітичного та графічного матеріалу. У підготовці роботи проявив старанність та наполегливість. Самостійно, базуючись на сучасних нормативних вимогах розробив напрямки оптимізації параметрів підсиленого фундаменту.

Здобувач дотримувався графіку виконання магістерської кваліфікаційної роботи, вчасно представив роботу на попередньому захисті.

Результати досліджень представлені у магістерській кваліфікаційній роботі апробовані на міжнародній науково-технічній конференції ВНТУ «Молодь в науці».

Магістерська робота повністю відповідає встановленим методичним вимогам щодо змісту, структури та оформлення.

У магістерській кваліфікаційній роботі наявні такі недоліки:

- наявні незначні недоліки в оформленні архітектурних креслень на аркуші 11 графічної частини;
- не всі способи підсилення фундаментів мікропалями розглянуті у науковому розділі, достатньо обґрунтовані та представлені в проектній частині роботи

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Висновки: якість підготовки здобувача Бубели А. А. відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», газузь знань «Архітектура та будівництво» і при відповідному захисті заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «С» 75 балів.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи** к.т.н., доцент



Н. В. Блащук