

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ**  
**ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**Кафедра промислового та цивільного будівництва**

**Кваліфікаційна робота/проект**

**другий магістерський рівень**

(рівень вищої освіти)

на тему: **Технологічний комплекс влаштування основ та фундаментів  
на слабких глинистих ґрунтах**

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

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

**Філоненко А.Г.**

(прізвище та ініціали)

Керівник

**доц., к.т.н. Самченко Р.В.**

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Рецензент

**доц., к.т.н. Полтавець М.О.**

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Запоріжжя  
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень  
(другий (магістерський) рівень)  
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**





Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ПЦБ  
" \_\_\_\_\_ " проф. Арутюнян І.А.  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Філоненко Артем Григорович  
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) Технологічний комплекс влаштування основ та фундаментів будівель на слабких глинистих ґрунтах
- керівник роботи Самченко Р.В., доцент кафедри ПЦБ, к.т.н.  
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від " 01 " 05 2023 року № 687 - с
2. Строк подання студентом роботи 14 грудня 2023 р.
3. Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідити причини масових деформацій і аварій фундаментів. Удосконалити технологію виробництва робіт нульового циклу з урахуванням специфічних особливостей властивостей слабких водонасичених ґрунтів основи. Розробити метод формування критеріїв оцінки організаційно-технологічних рішень. Виробити вимоги щодо особливостей виконання робіт при влаштуванні пальових фундаментів в слабких ґрунтах і за особливостями складання технологічних карт з улаштування основ і фундаментів на слабких ґрунтах.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання

02 травня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1.	Аналіз методів будівництва споруд на слабких водонасичених ґрунтах	25.09.2023	
2.	Особливості технології влаштування основ і фундаментів при прибудові нових споруд до існуючих будівель на слабких ґрунтах	25.10.2023	
3.	Особливості технології виконання робіт при влаштуванні основ і фундаментів будівель на слабких водонасичених глинистий ґрунтах	11.12.2023	

Студент

  
 (підпис)

Керівник роботи/проекту

  
 (підпис)

Нормоконтроль пройдено

  
 (підпис)
Філоненко А.Г.  
(прізвище та ініціали)Самченко Р.В.  
(прізвище та ініціали)Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Філоненко А.Г. Технологічний комплекс влаштування основ та фундаментів будівель на слабких глинистих ґрунтах.

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

Данна робота присвячена вивченню та розгляду технологічного комплексу влаштування основ та фундаментів будівель на глинистих ґрунтах низької міцності. У роботі аналізуються основні виклики, пов'язані з такими ґрунтами, та пропонуються різні методи та технології для підвищення стійкості та надійності будівельних об'єктів. Розглядаються аспекти вибору оптимальних конструкцій, використання спеціальних матеріалів та інженерних рішень для забезпечення безпеки та тривалості будівельних об'єктів на глинистих ґрунтах. Досліджено практичні приклади та сучасні підходи до цієї проблеми з метою сприяння сталому розвитку будівельної галузі.

У роботі розглядаються різні аспекти влаштування фундаментів на глинистих ґрунтах, включаючи геотехнічні дослідження, вибір типу фундаменту (наприклад: стрічковий, свайний, або монолітний), інженерні розрахунки та конструкційні рішення. Особлива увага приділяється методам підвищення надійності та стійкості фундаментів, таким як використання геосинтетичних матеріалів, ґрунтових армувань, а також систем дренажу для зниження впливу вологості на глинисті ґрунти.

Подальший аналіз зосереджується на практичних аспектах влаштування фундаментів та контролю якості будівельних робіт на глинистих ґрунтах. Також розглядаються сучасні технології та інновації, які дозволяють покращити

стійкість будівельних об'єктів та зменшити вплив шкідливих факторів глинистих ґрунтів.

В цілому, ця робота слугує як джерело інформації для інженерів, архітекторів та будівельників, які працюють з глинистими ґрунтами і мають за мету забезпечити сталість та довговічність будівельних конструкцій у важких геологічних умовах.

Ключові слова: слабкі водонасичені ґрунти, технологія будівництва, захист конструкцій, технологія закріплення, контроль якості, проект виконання робіт.

Список публікацій магістранта:

2. Самченко Р.В., Філоненко А.Г. Аналіз використання сучасних технологій і матеріалів для покрівельних систем будівель з покращеними гідроізоляційними та теплозахисними характеристиками. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023.*

## **ABSTRAKT**

A.H. Filonenko A technological complex for arranging foundations and foundations of buildings on weak clay soils.

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

This work is devoted to the study and consideration of the technological complex of arranging foundations and foundations of buildings on clay soils of low strength. The article analyzes the main challenges associated with such soils and proposes various methods and technologies to increase the stability and reliability of

construction objects. Aspects of choosing optimal structures, using special materials and engineering solutions to ensure the safety and durability of construction objects on clay soils are considered. Practical examples and modern approaches to this problem were studied in order to promote the sustainable development of the construction industry.

The work considers various aspects of laying foundations on clay soils, including geotechnical studies, selection of the type of foundation (for example: strip, pile, or monolithic), engineering calculations and construction solutions. Special attention is paid to methods of increasing the reliability and stability of foundations, such as the use of geosynthetic materials, soil reinforcements, as well as drainage systems to reduce the impact of moisture on clay soils.

Further analysis focuses on the practical aspects of laying foundations and quality control of construction works on clay soils. Modern technologies and innovations that allow improving the stability of construction objects and reducing the influence of harmful factors of clay soils are also considered.

In general, this article serves as a source of information for engineers, architects and construction workers who work with clay soils and aim to ensure stability and durability of building structures in difficult geological conditions.

Keywords: weak water-saturated soils, construction technology, protection of structures, fastening technology, quality control, work execution project.

#### List of postgraduate publications

1. Самченко Р.В., Філоненко А.Г. Аналіз використання сучасних технологій і матеріалів для покрівельних систем будівель з покращеними гідроізоляційними та теплозахисними характеристиками. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. тез всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 17-20 жовт. 2023р. Запоріжжя, 2023.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА СПОРУД НА СЛАБКИХ ВОДОНАСИЧЕНИХ ГРУНТІВ	10
1.1 Особливі властивості слабких водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів	10
1.2 Аналіз сучасних технологій будівництва основ і фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах	15
1.3 Сучасні технології влаштування піщаних подушок	20
1.4 Сучасні технології глибинного ущільнення слабких водонасичених ґрунтів	23
2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ПРИБУДОВІ НОВИХ СПОРУД ДО ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКИХ ГРУНТАХ	27
2.1 Аналіз причин деформацій існуючих будівель при прибудові до них нових споруд	27
2.1.1 Деформації існуючих будівель при будівництві поблизу них споруд на фундаментах мілкового закладення	32
2.1.2 Деформації існуючих будівель при порушенні технології влаштування поблизу них шпунтів і паль	36
2.2 Сучасні технології будівництва основ і фундаментів при прибудові будівель до існуючих	39
2.2.1. Аналіз технологій влаштування фундаментів при прибудові нових споруд до існуючих	40
2.2.2 Особливості технології влаштування фундаментів поблизу існуючих будівель і розробки проекту виконання робіт	42



2.2.3 Розробка проекту виконання робіт при влаштуванні фундаментів мілкового закладення поблизу існуючих будівель	47
2.2.4 Застосування роз'єднувального шпунта як засобу захисту конструкцій існуючих будівель	47
2.3. Натурні дослідження впливу споруджуваного житлового будинку на осідання блихрозташованих будівель на слабких водонасичених ґрунтах	49

3 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКИХ ВОДОНАСИЧЕНИХ ГЛИНИСТИЙ ҐРУНТАХ	52
3.1 Влаштування котлованів в слабких водонасичених глинистих ґрунтах	52
3.2. Особливості розробки проектів виконання робіт при будівництві будівель на слабких водонасичених глинистих ґрунтах	56
3.3 Контроль якості робіт з влаштування основ і фундаментів на слабких водонасичених глинистих ґрунтах	60
3.4 Особливості складання технологічних карт по влаштуванню фундаментів і штучних основ на слабких водонасичених глинистих ґрунтах	61
3.5 Особливості виконання робіт з влаштування залізобетонних паль в слабких водонасичених глинистих ґрунтах	63
ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71



## ВСТУП

*Актуальність теми дослідження:* Легкі глинисті ґрунти є одними з найважчих для будівельної діяльності типів ґрунтів через їхню високу руйнівну здатність та велику сприйнятливість до змін об'єму. Відповідно, влаштування основ та фундаментів на таких ґрунтах є складним завданням, яке вимагає ретельного планування та використання передових технологій. Технологічний комплекс для влаштування основ та фундаментів на слабких глинистих ґрунтах є актуальною проблемою в будівельній галузі і вимагає глибокого дослідження та розробки ефективних рішень.

У сучасному світі, коли інфраструктурні проекти стають все більш складними та амбіційними, важливо мати належне розуміння інженерних рішень та технологій, які можна застосувати для побудови на слабких глинистих ґрунтах. Величезна кількість інфраструктурних об'єктів, таких як житлові будівлі, комерційні споруди, дороги та мости, їх стійкість залежить від правильного влаштування фундаментів.

*Метою магістерської роботи є:* Вивчення та аналіз сучасних методів та технологій, що використовуються для влаштування основ та фундаментів на глинистих ґрунтах. Робота також спрямована на розробку рекомендацій щодо вибору найбільш підходящого технологічного комплексу для конкретних умов будівництва на слабких глинистих ґрунтах.

Необхідно також звернути увагу на стандарти та нормативи, які регулюють будівництво на таких ґрунтах у вашій країні та у світі загалом. Розуміння цих правил є важливим для забезпечення відповідності будівельних проектів вимогам безпеки та стійкості.

*Об'єктом дослідження:* Став розгляд різних методів і технологій влаштування основ, включаючи глибокі спеціальні фундаменти, фундаменти глибокого закладання, а також застосування ґрунтових підсилень та інженерних заходів для покращення стійкості ґрунтів.

Основні аспекти, які будуть розглянуті, включають в себе влаштування фундаментів з урахуванням гідравлічних та геотехнічних властивостей ґрунтів, вибір оптимальних конструкцій, використання сучасних матеріалів та методів підсилення ґрунтів. Дослідження також розгляне можливість використання комп'ютерного моделювання та аналізу для прогнозування поведінки фундаментів у різних умовах. На основі отриманих даних та аналізу будуть розроблені рекомендації та рекомендації щодо вибору оптимальних рішень для влаштування основ та фундаментів на слабких глинистих ґрунтах. Це дозволить забезпечити стійкість та надійність будівель, підвищити їхню безпеку та тривалість служби.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені **наступні завдання:**

1. Дослідити причини масових деформацій і аварій фундаментів і побудованих підвальних стін та конструкцій перших поверхів житлових будинків під час будівництва на слабких водонасичених ґрунтах і розробити заходи, що перешкоджають розвитку деформацій будівель і споруд в процесі їх монтажу і зведення на слабких ґрунтах.

2. Удосконалити технологію виробництва робіт нульового циклу з урахуванням специфічних особливостей властивостей слабких водонасичених ґрунтів основи, методик проведення інженерно-геологічних вишукувань, проект виконання робіт, методик проведення моніторингу за споруджуваними будівлями і розташованими поблизу них спорудами.

3. Розробити вимоги щодо особливостей виконання робіт при влаштуванні пальових фундаментів в слабких ґрунтах і за особливостями складання технологічних карт з улаштування основ і фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах.

**Методами дослідження:** В магістерській роботі звернута увага на практичні аспекти виконання робіт на глинистих ґрунтах, включаючи планування, проектування та виконання будівельних робіт. Дослідження також

охопити аналіз можливих ризиків та методи їх управління для забезпечення стабільності та безпеки будівельних об'єктів.

**Наукова новизна:** Наукова новизна в улаштуванні основ та фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах полягає у застосуванні новітніх методів дослідження ґрунтів, таких як геофізичні вимірювання та комп'ютерна томографія, розвитку геотехнічних технологій, використанні інтелектуальних матеріалів, розробці ефективних систем гідроізоляції та дренажу, моделюванні та аналізі структур за допомогою комп'ютерних програм, а також урахуванні екологічних аспектів у будівництві. Крім того, важливими є системи моніторингу та діагностики для постійного контролю за станом фундаментів та їх ефективністю в реальному часі. Ці аспекти спрямовані на підвищення стійкості та тривалості конструкцій, що є важливим завданням для забезпечення безпеки та надійності інфраструктурних об'єктів.

У кінцевому результаті, ця дипломна робота вносить свій вклад у розвиток сучасних будівельних технологій і сприяє розумінню складних проблем влаштування фундаментів на слабких глинистих ґрунтах і надати практичні рекомендації, які допоможуть покращити якість та безпеку будівельних проектів та створенню стійких та надійних будівельних об'єктів, що важливо для подальшого розвитку інфраструктури та забезпечення комфорту та безпеки нашого суспільства.

**Практична цінність:** Ця робота має на меті допомогти будівельним фахівцям, інженерам та проєктувальникам у виборі оптимальних методів та технологій для влаштування основ та фундаментів на слабких глинистих ґрунтах, сприяючи безпечному та ефективному будівництву. У зв'язку зі зростанням популяції та постійним розвитком міського середовища, будівництво на глинистих ґрунтах стає все більш актуальним завданням. Проте, недостатня увага до правильного влаштування основ та фундаментів може призвести до серйозних проблем, таких як осадки будівель, руйнування стін і конструкцій, а також небезпеку для життя та майна.

Завдяки результатам роботи, фахівці у галузі будівництва та інженерії матимуть можливість здійснювати більш інформовані та обґрунтовані рішення при влаштуванні основ та фундаментів на слабких глинистих ґрунтах. Це сприятиме підвищенню якості будівельних проектів та зменшенню ризиків, пов'язаних зі змінами у ґрунтовому середовищі.

***Структура і об'єм магістерської роботи.*** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 75 сторінок тексту, у тому числі 23 рисунки, 2 таблиці. Список використаних джерел містить 19 найменування.

# 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА СПОРУД НА СЛАБКИХ ВОДОНАСИЧЕНИХ ГРУНТІВ

## 1.1 Особливі властивості слабких водонасичених пилувато-глинистих ґрунтів

Пилувато-глинисті ґрунти відносяться до лесових прород, територію України у кількості 74,8% займають осадові породи. Їх походження до кінця не встановлено. Покривають вони усі межиріччя, а також тераси в лісо-степових і степових зонах України. У складі цих порід розрізняються леси та лесовидні відклади.[1]

Слабкі водонасичені пилувато-глинисті ґрунти є особливими типами ґрунтів, які мають ряд характеристик і властивостей, що роблять їх унікальними у відношенні до інших ґрунтів. Нижче наведено деякі з основних особливостей цих ґрунтів:

**Водонасиченість:** Однією з основних характеристик цих ґрунтів є їх водонасиченість. Вони мають великий об'єм порів, наповнених водою. Це може призводити до проблем з осадженням і стійкістю будівельних об'єктів. Водонасиченість призводить до осадження ґрунту, оскільки вода заповнює пори та простори між частинками ґрунту. Це може призводити до поступового опускання землі, що має негативний вплив на будівлі та інженерні споруди, які будуються на цих ґрунтах. Осадження може призвести до пошкодження фундаментів і спричинити необхідність ремонтів. Під час дощів або змін водного тиску водонасичені пилувато-глинисті ґрунти можуть стати нестійкими і призвести до зсувів. Під впливом навантаження водонасичені пилувато-глинисті ґрунти можуть стискатися, що може призвести до зміни їхнього об'єму та густини. У підсумку, водонасиченість є важливою особливістю слабких водонасичених пилувато-глинистих ґрунтів, яка впливає на їхню стійкість та

вимагає уваги та заходів під час будівництва і експлуатації будівель та інженерних споруд.

Гідроізоляційні властивості: Ці ґрунти можуть мати відмінні гідроізоляційні властивості, які можуть бути корисними у будівництві. Однак це також означає, що вони можуть бути непроникними для води, що може призводити до накопичення вологи і утворення багатьох боліт і багнетоподібних ділянок. Глинисті ґрунти, особливо якщо вони насичені водою, можуть мати високу гідроізоляційну здатність. Це може бути корисним у будівництві, оскільки вони можуть функціонувати як природний бар'єр, що запобігає проникненню води в будівлі або споруди. Однак надмірна гідроізоляція може призводити до утворення багатьох боліт і багнетоподібних ділянок. Це може бути не вигідним для природи, оскільки може призводити до втрати біорізноманіття та забруднення водних ресурсів внаслідок накопичення води. Гідроізоляція цих ґрунтів може впливати на гідрологічний цикл, оскільки вони можуть утримувати воду та впливати на рівень ґрунтових вод. Це може мати важливий екологічний та гідрологічний вплив на регіон. У будівництві і природоохоронних проєктах важливо управляти гідроізоляцією цих ґрунтів з урахуванням різних факторів. Це може включати в себе використання дренажних систем для зменшення негативних впливів від надмірної гідроізоляції або регулювання рівнів ґрунтових вод. Гідроізоляційні властивості цих ґрунтів можуть бути використані в інженерних рішеннях для створення гідроізоляційних бар'єрів у природних та цивільно-інженерних проєктах. Загалом, гідроізоляційні властивості водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів мають як позитивний, так і негативний вплив і вимагають уважної уваги при плануванні та виконанні будівельних та природоохоронних проєктів.

Схильність до зсувів: Ці ґрунти можуть бути схильні до зсувів, особливо під час періодів дощів або змін водного тиску. Це може становити загрозу для структур та інфраструктури, побудованих на них. Зсуви виникають, коли верхні шари ґрунту рухаються вниз або в сторону під впливом гравітації або інших зовнішніх факторів. Водонасичені пілувато-глинисті ґрунти схильні до зсувів,

оскільки вода може знижувати опір стійкості ґрунту та підвищувати його рухливість. Періоди дощів можуть збільшувати вологість цих ґрунтів, зростає навантаження водою і, як наслідок, збільшується ризик зсувів. Зміни водного тиску, такі як підвищення рівнів ґрунтових вод, також можуть сприяти виникненню зсувів, що може бути небезпечним для будівель, доріг, залізниць та інших інженерних споруд. Вони можуть призводити до пошкодження або знищення цих об'єктів, що може мати серйозні наслідки для безпеки і господарської діяльності. Для запобігання зсувам важливо вживати заходів, таких як моніторинг стану ґрунту, водних рівнів та регулювання водного тиску. Це може включати в себе будівництво спеціальних дренажних систем або зміну гідрологічного режиму в районі. Узагальнюючи, схильність до зсувів є серйозною проблемою при роботі з водонасиченими пілувато-глинистими ґрунтами. Ця особливість вимагає уважної уваги при плануванні та будівництві, а також заходів для запобігання потенційним ризикам та захисту жителів і інфраструктури.

Можливості для сільського господарства: Незважаючи на деякі недоліки, ці ґрунти можуть бути придатними для сільського господарства, оскільки вони здатні утримувати воду та поживні речовини. Однак їх слабкі властивості можуть потребувати додаткової обробки та дренажу для забезпечення високої врожайності.

Важливість для охорони навколишнього середовища: З огляду на їх водонасиченість, ці ґрунти є важливими для збереження водних екосистем і водоресурсів. Забруднення або втрата цих ґрунтів може мати серйозні наслідки для природи та біорізноманіття.

Від мінералогічного складу та наявності органічних речовин залежать механічні властивості слабких водонасичених глинистих ґрунтів. Присутність органічних речовин (10%) від загальної маси мінерального ґрунту суттєво впливає на його властивості. Ґрунти з модулем деформації  $E \leq 5 \text{ МПа}$  і з коефіцієнтом водонасиченості  $S_r > 0,8$  належать до слабких водонасичених глинистих ґрунтів. Такі ґрунти знаходяться у м'якопластичному і



текучопластичному станом ( $0,5 < I_L \leq 1,0$ ). На поведінку таких ґрунтів під навантаженням впливають ступіні і швидкість навантаження. Окремі види водонасичених глинистих, а також органо-мінеральні ґрунти мають властивість нагромадження деформацій у часі при тривалому навантаженні. До реологічних процесів відносять нагромадження деформацій ґрунту в часі і його зміни міцності. Фільтраційна консолідація, повзучість, релаксація і тривала міцність є найбільш важливими поняттями, якими оперує реологія ґрунтів.[2]

Пилувато-глинисті ґрунти в залежності від кількості води, що міститься в них, можуть мати консистенцію (густоту тіста) від твердої до текучої. Для визначення консистенції знаходять характерні вологості пилувато-глинистих ґрунтів, які називаються межею розкочування та межею плинності. Кордоном розкочування називається вологість ґрунту, коли він втрачає здатність розкочуватися в шнур діаметром 2..3 мм. Кордоном плинності називається вологість ґрунту, при якій стандартний конус занурюється у зразок на глибину 10 мм.

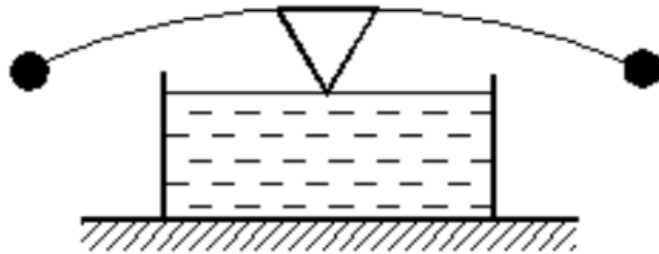


Рисунок 1.1 - Визначення межі розкочування

Числом пластичності ґрунту називається різниця між кордоном плинності та межею розкочування:

$$I_P = W_L - W_P \quad (1.1)$$

Консистенція пилувато-глинистого ґрунту оцінюється за показником плинності:

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} \quad (1.2)$$

У групі пілуватого-глинистих ґрунтів виділяються лесові ґрунти та мули - мають специфічні несприятливі властивості.

Лесові ґрунти містять більше 50% пілуватих частинок з наявністю солей, в основному карбонату кальцію, володіють переважно макропористою структурою і відносяться до категорії структурно-нестійких просадних ґрунтів. Просідання називається швидко розвивається осаду, викликана різкою зміною структури ґрунту. Значні опади у разі порушення структури просадних ґрунтів обумовлені тим, що у природних умовах вони бувають недоущільненими. У процесі утворення не відбувається повного ущільнення від дії власної ваги внаслідок утворення нових структурних зв'язків. Такі ґрунти стають макропористими і при деяких зовнішніх впливах (замочування, вібрація), що руйнують зв'язки, що виникли, можуть доущільнюватися, що викликає їх значні опади.

Пілуватого-глинисті ґрунти (глини, супіски та суглинки), відомі ще як ґрунти з домішкою органічних речовин при відносному вмісті цих речовин  $0,05 < I$  від  $\leq 0,1$ . За ступенем засоленості супіски, суглинки та глини поділяють на заселені та незаселені. До засолених відносяться ґрунти, сумарний вміст яких становить більше 5 % легко та середньорозчинних солей.

Серед пілуватого-глинистих ґрунтів можна виділити ґрунти, що виявляють специфічні властивості при замочуванні: набухаючі та просадні. До набухаючих відносяться ґрунти, які при замочуванні водою або хімічними розчинами збільшуються в об'ємі, і при цьому відносно набухання без навантаження.  $\epsilon_{sw} \geq 0,04$ . До просадних відносяться ґрунти, які під дією навантаження або власної ваги при замочуванні дають просідання, і при цьому відносна просадність  $\epsilon_{sl} \geq 0,01$ .

До особливої групи в нескількох ґрунтах відносяться ґрунти, що характеризуються значним вмістом органічної речовини: біогенні (алювіально-болотні, болотяні та озерні). До їх складу входять заторфовані ґрунти, торфи та

сапропелі. До заторфованих відносяться пілувато-глинисті та піщані ґрунти, що містять у своєму складі 10-50% масу органічних речовин. При вмісті органічних речовин більше 50% ґрунт називається торфом. Сапропелі - прісноводні мули, що містять 10% органічних речовин і мають коефіцієнт пористості, більше 3, та показник плинності більше 1.[3]

Загалом, водонасичені пілувато-глинисті ґрунти є складними для роботи і можуть вимагати спеціальних заходів під час будівництва та сільського господарства. Вони також мають важливе значення для екосистем і потребують збереження та охорони в інтересах навколишнього середовища та суспільства.

## **1.2 Аналіз сучасних технологій будівництва основ і фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах**

Аналіз сучасних технологій будівництва основ і фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах важливий для забезпечення стійкості та безпеки будівельних об'єктів. Ось деякі інноваційні підходи та технології, які зараз використовуються для цього:

Глибокі спеціальні фундаменти: Враховуючи нестабільність слабких ґрунтів, використання глибоких фундаментів, таких як сваї або шпунтові конструкції, є популярним рішенням. Такі фундаменти прокладаються глибоко під слабкими ґрунтами, до стійкого шару, забезпечуючи надійну опору для будівлі.

Фундаменти глибокого закладання – це фундаменти що передають навантаження на ґрунт розгорнутої основи за допомогою зчеплення або тертя на всіх поверхнях контакту конструкції фундаменту з основою (вертикальні, похилі поверхні та подошву). Основа - це частина ґрунтового масиву, яка сприймає та розподіляє навантаження від фундаменту. Розрізняють в основі активну зону, або стисливу товщу, у межах якої відбувається основна частина деформацій

грунту. Нижню межу стискаємої товщі можна знайти керуючись певними правилами, за межами такої товщі напруги та деформації у ґрунті від зовнішнього навантаження, що передається фундаментом на основу, настільки незначні, що ними можна знехтувати. Глибину активної зони визначає відстань від нижньої межі стисливої товщі до підшви фундаменту.[4]

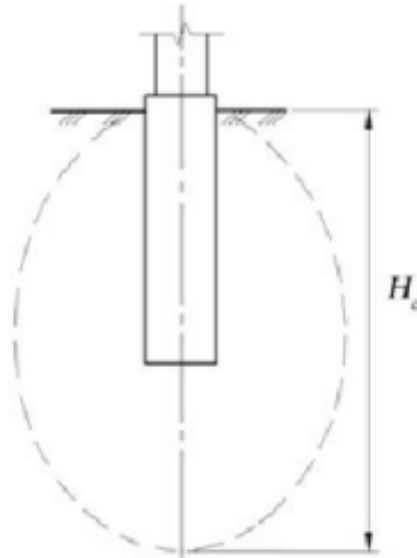


Рисунок 1.2 - Фундамент споруди глибокого закладання

Ґрунтові підсилення: Застосування ґрунтових підсилень, таких як ґрунтозміцнювальні геосинтетика або геотекстильні матеріали, може поліпшити міцність та стабільність слабких ґрунтів. Ці матеріали допомагають розподілити навантаження та зменшити їхню деформацію. Водонепроникні властивості тканинного геосинтетика повинні не менше ніж в 10 разів перевищувати коефіцієнт фільтрації підстиляючого ґрунту. Насипи з слабких ґрунтів, бувають двох видів: такі, що споруджують на основі з місцевими (локальними) неоднорідностями, та що споруджують на однорідній основі. На основі з слабких ґрунтів армуючі матеріали зазвичай вкладають в поздовжньому напрямку виготовлення геосинтетику (МН – орієнтація) перпендикулярно осі насипу. Додаткове армування з МН - орієнтацією полотна вздовж всього насипу може застосовуватись в місцях примикання насипу до споруд, прикладом може бути примикання насипу до мостових споруд, тунелів, водопропускних труб тощо. На

основах з локальними пустотами чи послабленнями, наприклад, в карстових районах, в місцях старих русел річок, складених пилюватими, глинистими або заторфованими ґрунтами тощо, армуючі полотна можуть чергуватися вкладанням в обох напрямках. Геосинтетика для армування основи вкладають у конструкцію у вигляді полотен, замкнених і напівзамкнених обійм.[5]



Рисунок 1.3 - Способи армування насипів на слабких основах геосинтетичними матеріалами з улаштуванням обійм

ґрунтозабивні конструкції: Використання підсиленого бетону або інших спеціальних конструкцій для підвищення стійкості слабких ґрунтів може бути ефективним. Це може включати в себе влаштування опорних стін, які дозволяють зробити меншим тиск на ґрунт та утримувати його. Вертикальні жорсткі елементи можуть бути виготовлені за допомогою наступних технологій: ґрунтозабивна, буронабивна, струменева і навіть забиванням паль. Вони

виконують роль армування елементів, коли між головами і фундаментом немає безпосереднього контакту. Їх, розділяє подушка із щебеню (або піску) товщиною яка дорівнює половині відстані між сусідніми елементами армування. Використання у якості матеріалу ґрунтів, які залягають в основі будівель є одним із ефективних напрямків зниження вартості пального фундаментобудування. Це досягається при використанні бурозмішувальної технології. За допомогою спеціального устаткування виконують розпушування ґрунту безпосередньо у масиві без його виймання. Одночасно у ґрунт нагнітається цементна суспензія та виконується змішування та ущільнення ґрунтоцементної суміші. Після цього за всією товщиною слабкого шару утворюється міцний ґрунтоцементний матеріал, який не розмокає у водному середовищі. Такі елементи можливо утворювати і у слабкому водонасиченому ґрунті, тобто нижче рівня ґрунтових вод. Досліди, що було проведено з визначення міцності ґрунтоцементу показали його зростання навіть через довгі роки після його виготовлення. Метод влаштування стрічкових фундаментів на штучній основі, яка підсилена вертикальними елементами армування, були проведені дослідження при будівництві багатопверхових житлових будинків у нагорній частині м. Полтави. Будинки, які розглядаються, мають цегляні несучі стіни з навантаженням від 400 до 1400 кН на один метр погонний. В рамках проведених вишукувань інженерно-геологічні умови будівництва у м. Полтаві ускладнені тим фактором, що ділянка забудови складена слабкими просадочними ґрунтами (перший тип ґрунтових умов за просадочністю). Крім того у межах плям будівель зустрічаються рештки давніх порожнин, які мають значне заглиблення (близько 9 м нижче поверхні Землі). Армоцементні елементи, які виготовлялися за бурозмішувальною технологією, у діаметрі 200-300 мм і довжиною нижче дна котловану від 2,0 до 9,0 м. Для перевірки ефективності армування основи у конкретних умовах будівельного майданчика були проведені дослідження стисливості основи шляхом випробовування ґрунтів штампом. Перевірка на стисливість основи була здійснена у природному та зволоженому станах армованого ґрунту до  $S_r > 0,8$ . [6]

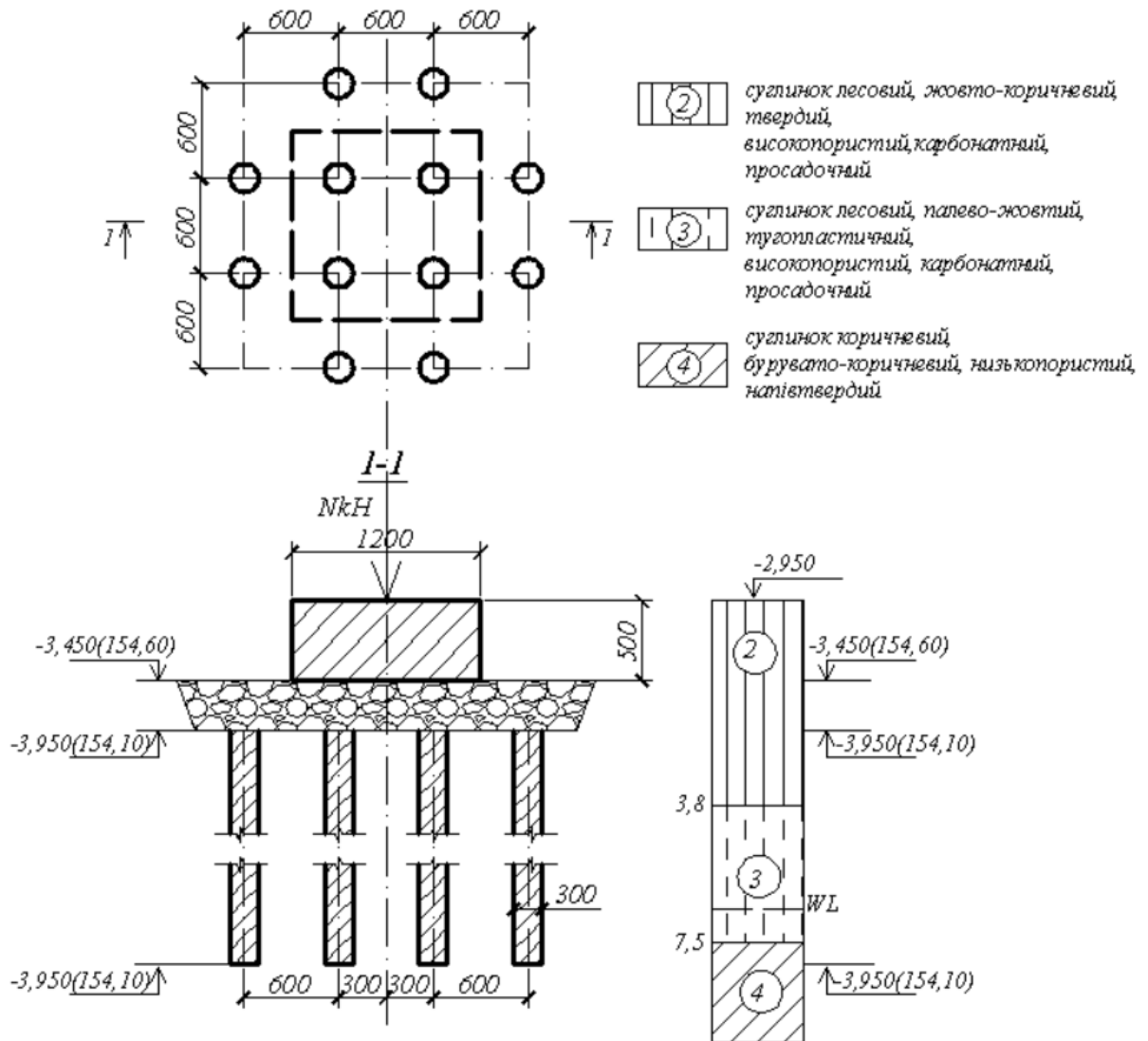


Рисунок 1.4 - Схема випробувань армованої основи залізобетонним квадратним штампом

Грунтова ін'єкція: Технології ін'єкції, такі як цементні ін'єкції або грунтова стабілізація, можуть підсилити та зміцнити слабкі ґрунти, роблячи їх менш водопоглинущими та більш міцними. Перспективним, у наш час, методом підвищення міцності несучих основ є ін'єктування цементного або іншого розчину під визначеним тиском. Ін'єкційний метод підсилення ґрунтових масивів має багато суттєвих переваг у порівнянні з іншими методами, а саме: гарантована надійність та міцність основ, можливість використання в будь-яких геологічних умовах, простота виконання робіт. Складений аналіз показав особливості нового методу закріплення ґрунтових масивів, вони полягають у



додатковому накладенні на стаціонарний потік скріпного розчину створених періодичних імпульсів тиску.[7]

Аналіз та вибір оптимальних технологій для будівництва на слабких водонасичених ґрунтах вимагає уважного вивчення умов місцевості, властивостей ґрунту та конкретних потреб проекту. Ретельне інженерне проектування та використання сучасних технологій можуть забезпечити успішне влаштування основ та фундаментів на таких ґрунтах і гарантувати тривалу та безпечну експлуатацію будівельних об'єктів.

### **1.3 Сучасні технології влаштування піщаних подушок**

Влаштування піщаних подушок є важливою складовою будівельного процесу, особливо в областях з високим рівнем водонасичених ґрунтів або слабких ґрунтів. Сучасні технології влаштування піщаних подушок дозволяють забезпечити стійкість та безпеку будівельних конструкцій. Влаштування штучних основ (іноді їх називають також підірними плитами або подушками) на слабких або стисливих ґрунтах є ефективним способом покращити стійкість та надійність фундаментів будівельних конструкцій. Такий підхід може бути особливо корисним в областях з нестійкими ґрунтами або в разі потреби в економії грошей і часу при будівництві. Штучні основи дозволяють підняти рівень фундаменту, що зменшує глибину закладення фундаментних структур. Це може виявитися особливо важливим на великих будівельних проектах, де глибокі фундаменти можуть бути дорогими та трудозатратними. Також, піщані подушки допомагають розподілити вагу будівлі рівномірно на підготовлену основу. Це збільшує міцність та стійкість фундаменту, що дозволяє підтримувати будівлю без значних осідань.

Піщані подушки використовуються на заміну насипних, глинистих ґрунтів або слабких піщаних вище від рівня ґрунтової води і нижче від розрахункової

глибини промерзання. Матеріалом для таких подушок використовується крупний пісок та пісок середньої крупності. Після розроблення котловану на глибину, яка складається з глибини закладання фундаменту та висоти самої подушки, на дно шарами відсипають 20– 40 см піску, його зволожують, ущільнюють вібраторами або механічними трамбівками. Використовують чисті піски без органічних домішок та мерзлих включень. Котлован для влаштування подушок розробляють ширшим, ніж ширина фундаменту, який може бути окремим, перехресним з суцільної залізобетонної плити або стрічковим.

Піщані подушки виконують функцію розподілу тиску від фундаменту на більшу площу і завдяки розсіюванню напружень зменшують його вплив на підстильний слабкий шар. Слабкий водонасичений ґрунт погано утримує укоси і не сприймає горизонтального навантаження, подушки проектують значно більшої ширини, ніж подошва фундаменту, тому в таких умовах доцільно подушку влаштувати між бічними шпунтовими стінками. з урахуванням розрахункового опору слабого ґрунту на рівні подошви подушки визначають висоту піщаної подушки.

Повинна задовольнятися умова:

$$\sigma_{zg.n} + \sigma_{zp.n} = \sigma_{zg.n} + \alpha(P - \sigma_{zg.0}) \leq R_{wb}, \quad (1.3)$$

де  $\sigma_{zg.n}$  – тиск від власної ваги ґрунту на глибині, що дорівнює відстані від поверхні до рівня подошви подушки, кПа;  $\sigma_{zp.n}$  – додатковий тиск на рівні подошви, кПа;  $R_{wb}$  – розрахунковий опір слабого ґрунту на глибині  $z$ , кПа.

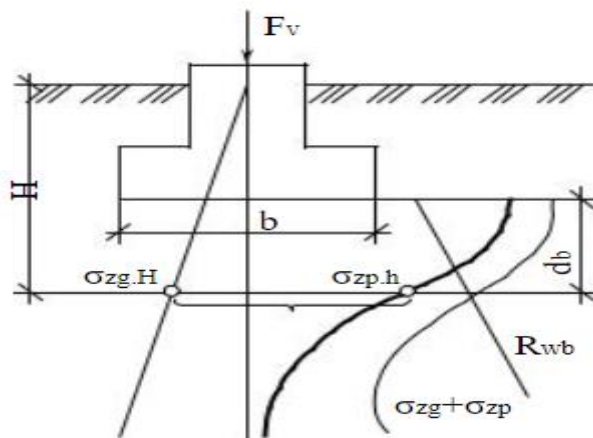


Рисунок 1.5 - Схема для розрахунку піщаної подушки

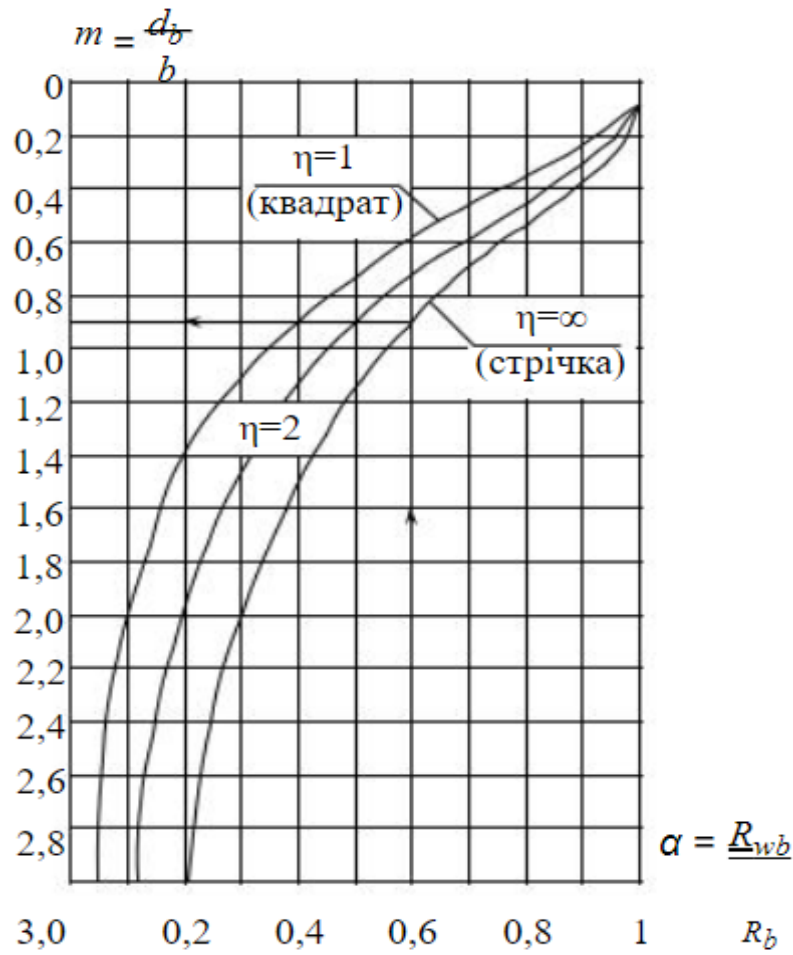


Рисунок 1.6 - Графік визначення габаритів піщаної подушки під стрічкові і окремі фундаменти:  $m = \frac{d_b}{b}$  – коефіцієнт, який визначається з відношенням висоти подушки  $d_b$  до ширини підшови фундаменту  $b$ ;  $\alpha = \frac{R_{wb}}{R_b}$  – коефіцієнт, який визначають з відношенням розрахункового опору слабкого ґрунту  $R_{wb}$  до розрахункового опору матеріалу подушки  $R_b$

За типом піщаного ґрунту та проектним значенням щільності піщаної подушки встановлюють кут внутрішнього тертя та питоме зчеплення. З використанням фізико-механічних показників слабкого ґрунту, визначають розрахунковий опір слабкого ґрунту  $R_{wb}$  та встановлюють розміри фундаменту, який спирається на матеріал подушки, потім, визначають із співвідношення розрахункових опорів. З графіка (рис. 1.6) за  $\alpha$  визначають співвідношення висоти подушки і ширини підшови фундаменту  $m = \frac{d_b}{b}$ , та саму висоту подушки  $d_b = mb$ . [8]

## 1.4 Сучасні технології глибинного ущільнення слабких водонасичених ґрунтів

Глибинне ущільнення слабких водонасичених ґрунтів є важливою інженерною операцією для підвищення стійкості та надійності будівельних конструкцій, особливо в умовах, коли властивості ґрунту викликають зростаючі занурення або осідання. Сучасні технології глибинного ущільнення можуть включати наступні методи:

**Віброущільнення:** Цей метод використовує вібраційні машини, щоб вбивати сталеві сваї або стовпи у ґрунт на глибину. Під час віброущільнення ґрунт навколо сваї згущується, що поліпшує його міцність та здатність нести навантаження.

Віброданурювачі (рис. 1.7), використовують властивість ґрунтів, які при вібрації наближаються за станом до в'язкої рідини, при цьому процес занурювання палів значно полегшується. Найбільш раціонально застосовувати віброданурювачі у слабких водонасичених ґрунтах.

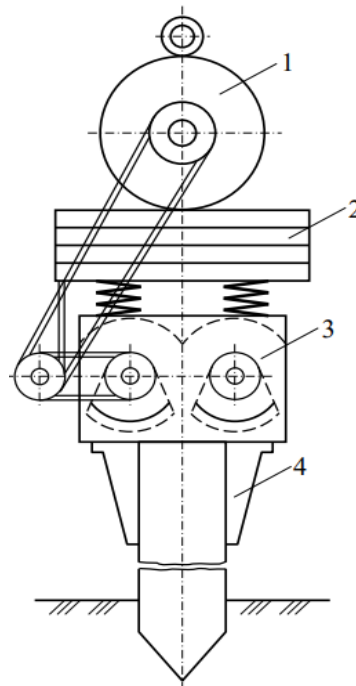


Рисунок 1.7 - Схема віброданурювача з пружинним привантаженням:

1 – електродвигун; 2 – привантажувальні плити; 3 – вібратор; 4 – наголовник

Також, заради створення стану підвищеної несучої здатності ґрунту на всю глибину впливу споруди, за допомогою ґрунтонабивних паль, використовують ущільнення. Глибинне ущільнення палями застосовується для порращення будівельних властивостей просідаючих макропористих та насипних пілувато-глинистих ґрунтів при ступені вологості  $S_r = 0,3 \dots 0,7$  на глибину до 20 м. Суть цього методу полягає в пристрої вертикальної порожнини в підставі, яка потім засипається з пошаровим ущільненням ґрунту. В результаті цього утворюється більш ущільнений масив ґрунту, що характеризується підвищеною міцністю і більш низькою сжимаемостью. Усунути просадочні властивості, дозволяє, обладнання ґрунтових паль в ґрунтах.

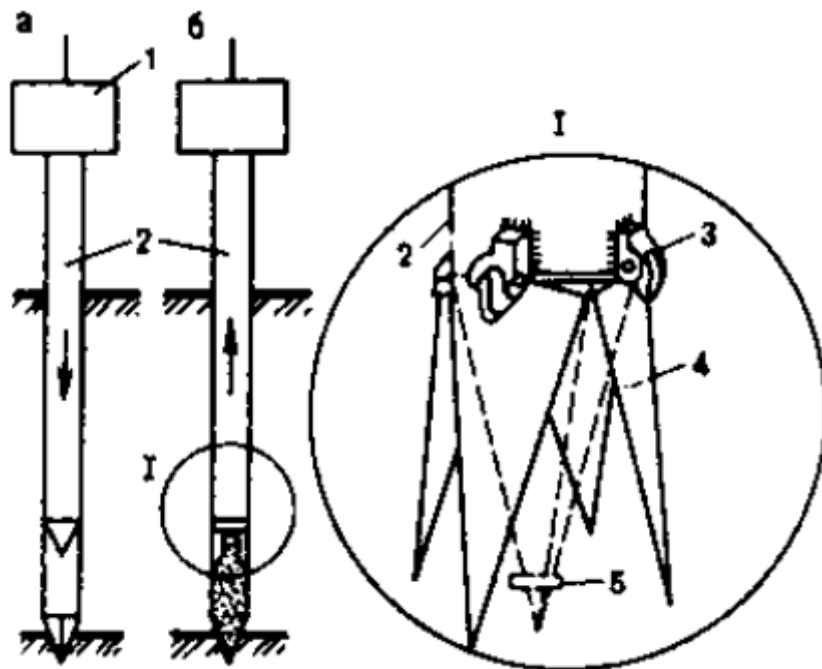


Рисунок 1.8 - Схема пристрою ґрунтових набивних паль

а - занурення обсадної труби; б - витягання обсадної труби;

1 - віброзанурювач; 2 - обсадна труба; 3 - шарнір; 4 - ступка наконечника;

5 - кільце

Двома методами проводиться ущільнення підстав ґрунтовими палями, що відрізняються за методом пристрою порожнини.

У першому методі ущільнюваному масиві пробивають ударним снарядом

свердловини використовуючи верстати ударно-канатного буріння або навісне обладнання до крана-екскаватора. Діаметр свердловини в залежності від застосовуваного обладнання становить від 0,4 до 1,0 м при діаметрі зони ущільнення 1,4 ... 3,6 м.

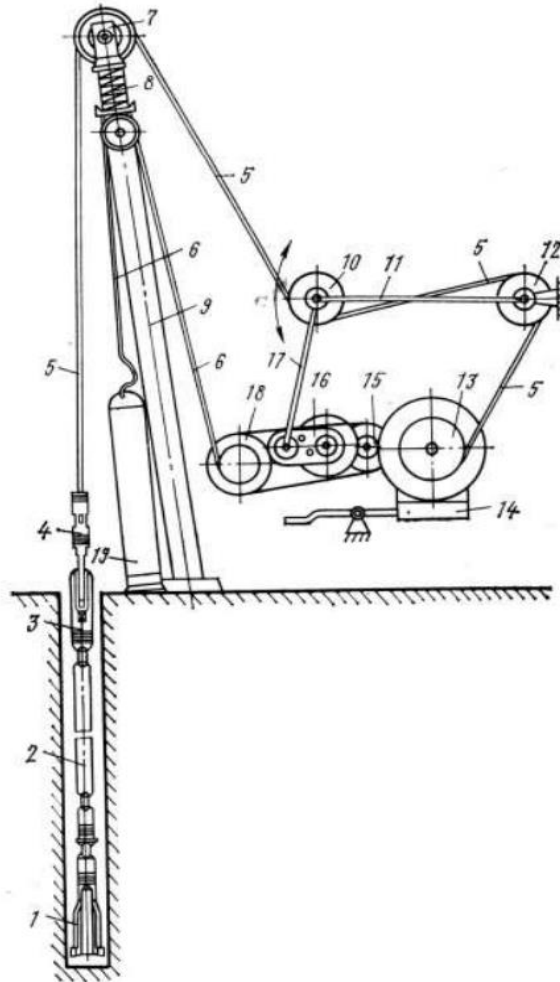


Рисунок 1.9 - Схема ударно-канатного буріння: 1 – долото, 2 – ударна штанга, 3 – розсувна штанга, 4 – канатний замок, 5 – інструментальний канат, 6 – желонковий канат, 7 – ролик щогли, 8 – амортизатор, 9 – щогла, 10 – відтяжний ролик, 11 – балансирна рама, 12 – напрямний ролик, 13 – інструментальна лебідка, 14 – гальмо, 15 – головний вал, 16 – кривошип, 17 – шатун, 18 – желонкова лебідка, 19 – желонка

Буровий снаряд спускається в свердловину на інструментальному канаті 5, перекиненому через головний ролик 7 щогли 9, обгинає відтяжний 10 і напрямний 12 ролики балансирної рами 11. При загальмованому барабані

інструментальної лебідки 13, на якому закріплений кінець каната, за допомогою кривошипно-шатунного механізму 16 і 17 балансірній рамі 11 надається хитальний рух відносно осі напрямного ролика 12. Відтяжний ролик балансірної рами, опускаючись, натягає канат і піднімає снаряд над вибоєм. Піднімаючись угору, ролик 10 звільняє канат, і снаряд під власною вагою падає на вибій, руйнуючи ударним долотом породу. Для рівномірної обробки вибою і надання свердловині циліндричної форми необхідно після кожного удару снаряд повертати на певний кут. У міру руйнування породи канат поступово змотують з барабана лебідки, здійснюючи подачу долота слідом за посуванням вибою.

Другий метод заснований з використанням для глибинного ущільнення ґрунтів енергією вибуху. Заряди ВВ масою 5 ... 12 кг розміщуються гірляндою в інтервалі глибин 3 ... 12 м в пробурених або пробитих свердловинах-шпурах діаметром 60 ... 80 мм, що розташовуються на відстані 4 ... 10 м одна від одної. Після вибуху заряду утворюється вертикальна порожнину діаметром 500 ... 600 мм.

Також широко використовуються методи (консолідації) геостатичного ущільнення водонасичених сильностискальних ґрунтів з допомогою привантаження та електроосмотичного осушення для збільшення несучої здатності основ фундаментів. Цей метод включає в себе накачування під високим тиском стабільних рідин або інших матеріалів у ґрунт. Внаслідок цього змінюється порозовий склад ґрунту, та збільшується його міцність та несуча здатність. Гідростатичний тиск допомагає компактувати частинки ґрунту та виправити його деформації.

Електроосмотичне осушення використовує електричні поля для витягування вологи з ґрунту. Електроди вбудовані в ґрунт, і через їхню дію електроліти в ґрунті рухаються від додатнього до від'ємного електрода, витягуючи вологу разом із собою. Електроосмотичне осушення може бути використане для зниження рівня ґрунтової води та осушення водонасичених ґрунтів. Це дозволяє покращити несучу здатність основи фундаментів та зменшити ризик зсувів або осідань.



## **2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ПРИБУДОВІ НОВИХ СПОРУД ДО ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКИХ ГРУНТАХ**

### **2.1 Аналіз причин деформацій існуючих будівель при прибудові до них нових споруд**

Несвоєчасно виявлені і не попереджені активні процеси та деформації у процесі будівництва в ущільнених умовах призводять до виникнення дефектів та пошкоджень споруд та будівель, розташованих на геодинамічних територіях і які є основною причиною їх прогресуючих деформацій, наслідки яких призводять до матеріальних витрат, соціального і екологічного збитку. Тому вкрай важливо своєчасно і правильно оцінити стан прилеглих територій, розташованих на них споруд, проаналізувати можливий розвиток дефектів та пошкоджень і розробити компенсаційні заходи, для запобігання. Умовою ущільненої прилеглої забудови є впровадження спеціальних заходів та проектних рішень, спрямованих на зменшення техногенного впливу будівництва на транспортні комунікації, забудову, об'єкти благоустрою, життєдіяльність людей.

Будівництво в умовах ущільненої забудови викликає багато додаткових ризиків, оскільки це індивідуальна сукупність ускладнень і нестандартних умов, яка може призвести до несприятливих та небезпечних ситуацій для об'єктів існуючої забудови, навколишнього середовища, виробничого процесу, безпеки праці. Ризики, що виникли, слід брати до уваги при підготовці та реалізації проекту будівництва.

Вплив будівництва нових будівель на розташовані поблизу споруди значною мірою обумовлюється технологіями виконання робіт та послідовністю їх зведення. При розробці таких заходів, щодо впливу будівництва на прилеглу забудову слід вважати зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів і

гідрогеологічних умов в процесі нового будівництва, в тому числі з урахуванням сезонної зміни, промерзання і відтавання ґрунту. У відповідності з основними причинами деформацій існуючих споруд при будівництві поблизу них є наступні:

- зміна гідрогеологічних значень, в тому числі підтоплення, пов'язане з бражним ефектом при підземному будівництві, або зниження рівня підземних вод;
- значне збільшення вертикального напруження в основі під фундаментами існуючих будівель, викликане будівництвом поблизу них нових споруд;
- улаштування котлованів та зміна відміток планування;
- технологічні фактори, динамічні дії, вплив улаштування: всіх видів паль, ін'єкційних анкерів, фундаментів глибокого закладення та огорожувальних конструкцій, спеціальних видів робіт (заморожування, ін'єкція та ін.);
- негативні процеси в ґрунтових масивах, пов'язані з виконанням геотехнічних робіт (суфозійними процеси, виникнення пливунів та ін.).

Для розробки моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність споруд прилеглої забудови попередньо зоною впливу назначають із умови, що вказана на рис. 2.1 та встановлюють перелік об'єктів, які включаються до розрахунків, в залежності від складності, як в ручному режимі так і із застосуванням інформаційних програм. Ширина воронки осідання поблизу споруди, приблизно дорівнює сумі товщини стиснутих шарів.

Зона впливу нового будівництва на ґрунтову основу існуючої забудови відображається функцією:

$$u = f(H_c, \phi_{II}, E, P, S) \quad (2.1)$$

де:  $P$  - навантаження на ґрунтову основу від нового будівництва;

$H_c$  - глибина стисливої зони ґрунтової основи від нового будівництва;

$\phi_{II}$  - кут внутрішнього тертя ґрунтової основи;

$E$  - модуль деформації ґрунтової основи;

$S$  - осідання ґрунтової основи від нового будівництва.

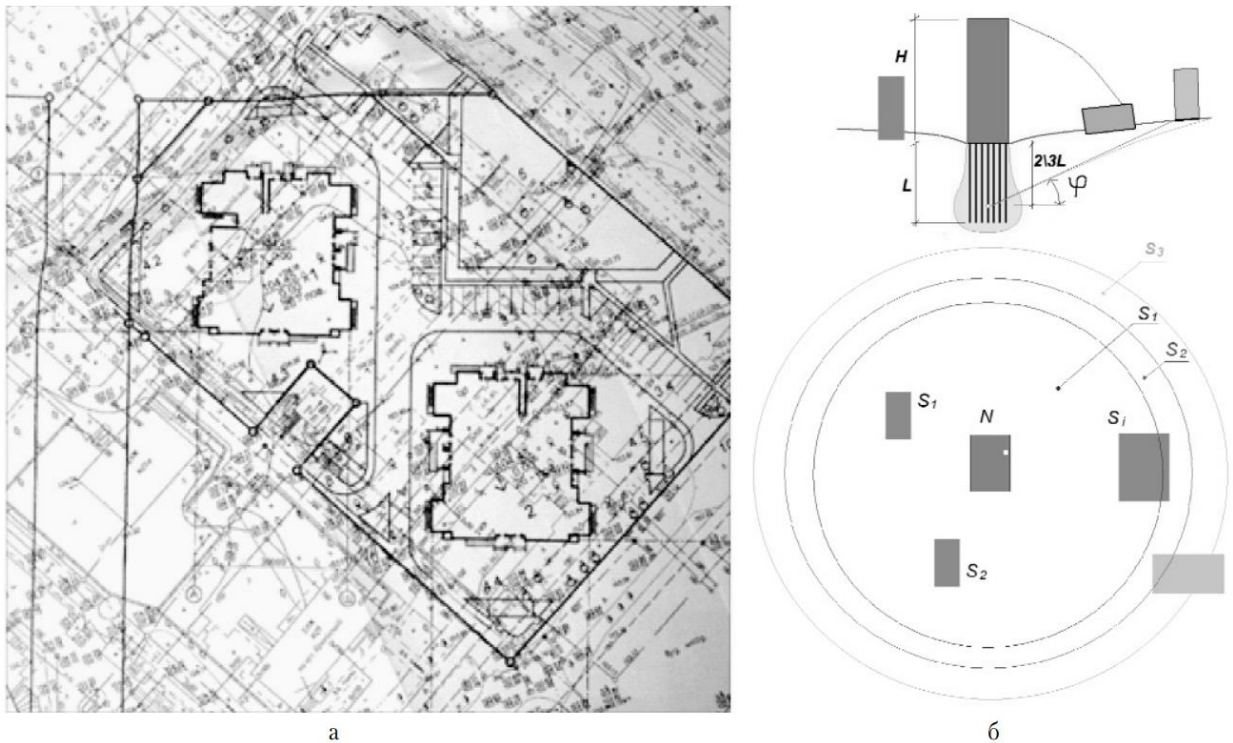


Рисунок 2.1 - Визначення зон впливу нового будівництва на існуючу забудову:

а — на плані; б — на розрізі

За результатами розрахунків необхідно визначити максимальні осідання, просідання та різницю (нерівномірність) осідань, як для нового будівництва та оточуючих споруд, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва, так і спільно для них, з врахуванням взаємовпливу та організаційно-технологічних факторів.

До основи розрахунку вкладені наступні положення:

А) Осідання нової будівлі протягом процесу будівництва та початкового періоду її експлуатації

$$S_{\text{нОВОЇ буд.}} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} \cdot h_i}{E_{e,i}} \quad (2.2)$$

де  $S_{\text{нОВОЇ буд.}}$  - це осідання нової будівлі на протязі процесу будівництва та початкового періоду експлуатації;

$\beta$  - безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,8;

$\delta_{zp,i}$  - середнє значення нормального вертикального напруження під дією

зовнішнього навантаження в і-му шарі ґрунту по вертикалі, що проходить через центр підосви фундаменту;

$h_i$  - товщина і-го шару ґрунту, приймається не більше ніж 0,4 ширини фундаменту;

$n$  - кількість шарів, на які розділена товщина основи під дією стискання;

$\delta_{zy,i}$  - середнє значення вертикального напруження від ваги ґрунту, в і-му шарі ґрунту по вертикалі, що проходить через центр підосви, на глибині  $z$  від підосви фундаменту;

$E_i$  - модуль деформації і-го шару ґрунту за первинним навантаженням;

$E_{e,i}$  - модуль деформації і-го шару ґрунту за вторинним навантаження (модуль пружності);

$E_i$  і  $E_{e,i}$  визначаються в межах дійсних навантажень від власної ваги ґрунту і споруди.

Б) Деформація основи, існуючих споруд, що закінчилася до початку нового будівництва

$$S_{\text{існ.буд.}} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} \cdot h_i}{E_{e,i}} \quad (2.2)$$

де  $S_{\text{існ.буд.}}$  - осідання існуючої будівлі до початку нового будівництва;

$\beta$ ,  $\delta_{zp,i}$ ,  $h_i$ ,  $n$ ,  $\delta_{zy,i}$ ,  $E_i$ ,  $E_{e,i}$  - те саме, тільки для існуючої прилеглої споруди.

В) Розрахунок основ та фундаментів за деформаціями при будівництві поблизу існуючих будівель та споруд виконують за двома умовами:

$$S_{\text{існ.буд.}} + S_{\text{ад}} \leq S_{\text{u}}^{\text{заг}} \quad \text{та} \quad S_{\text{ад}} \leq S_{\text{ад, u}} \quad (2.3)$$

де  $S_{\text{існ.буд.}}$  - деформація основи, існуючих споруд;

$S_{\text{ад}}$  - додаткове осідання ґрунтової основи для існуючих споруд під дією впливу нового будівництва;

$S_{\text{u}}^{\text{заг}}$  - граничне значення загальної деформації основи існуючих будівель;

$S_{\text{ад, u}}$  - граничне значення додаткового осідання ґрунтової основи існуючих будівель від впливу нового будівництва згідно за табл. Б.1 додатку Б ДБН В.2.1-

10:2018.

Додаткові осідання існуючого будинку враховують шляхом знаходження різниці між його власними осіданнями, без впливу нового будівництва, та осіданнями будинку з врахуванням його впливу. Розрахункові значення порівнюють із нормативними (максимально допустимими) значеннями цих величин відповідно до конструктивної схеми будинків за результатами обстеження їх технічного стану. За результатами розрахунків визначають максимальні осідання та відносну різницю (нерівномірність) осідань як для нового будівництва так і для прилеглої забудови, що знаходяться в зоні його впливу. Розрахункові значення порівнюють із нормативними (максимально допустимими) значеннями цих величин згідно табл. Б.1 додатку Б ДБН В.2.1-10:2018 відповідно до конструктивної схеми будинків за результатами обстеження їх технічного стану.

На основі порівняння розрахункових і нормативних значень виконуються коригування прийнятих проектних рішень, надаються відповідні рекомендації для проведення моніторингу технічного стану існуючих будівель, а в разі необхідності, застосування запобіжних дій та заходів, що знижують розвиток деформацій забудови до величин, що виключають можливість виникнення пошкоджень конструкцій та погіршення умов експлуатації.

Г) Розрахунок деформацій основ та фундаментів забудови та нового будівництва за мірою зведення об'єктів нового будівництва. У випадку підтвердження впливу нового будівництва на оточуючу забудову та неможливості повного його уникнення необхідно змодельовати напружено-деформований стан ґрунтового масиву з урахуванням швидкості прикладання навантаження на основу, за мірою зведення будівлі. Після отримання проміжних результатів та розрахунків щодо впливу, настає можливість визначити динаміку осідань ґрунтової основи існуючої прилеглої забудови по мірі зведення об'єктів нового будівництва. [9]

### **2.1.1 Деформації існуючих будівель при будівництві поблизу них споруд на фундаментах мілкового закладення**

У результаті осідання об'єкта нового будівництва змінюється напружено-деформований стан основи існуючих будинків, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва. Основними причинами деформацій існуючих будівель під час виконання поруч з ними будівельних робіт, а також влаштування котлованів, є збільшення напружень в основі під фундаментами оточуючої забудови.

Згідно з нормативами проектування фундаментів виконується шляхом розрахунку основ за двома групами граничних станів: за стійкістю та несучою спроможністю і за деформаціями. При цьому ґрунтова основа, фундамент та надземна конструкція розглядаються як єдина механічна система, тобто враховують взаємодію усієї споруди та основи, що стискається. Основна мета таких розрахунків - забезпечити стійкість основи і обмежити осідання або відносне переміщення фундаменту та надфундаментної конструкції межами, що гарантують нормальну експлуатацію споруди протягом усього строку служби.

Фундаменти, в яких співвідношення глибини закладання та меншої сторони підшви не перевищує двох, відносять до фундаментів мілкового закладання. Вони класифікуються за такими ознаками: конструктивними особливостями, характером роботи конструкції, способом виготовлення, матеріалом виготовлення.

За конструктивними особливостями фундаменти ділять на стрічкові, які можуть бути неперервними або переривистими (рис.2.2, а, г), стовпчасті (б) та плитні (е).

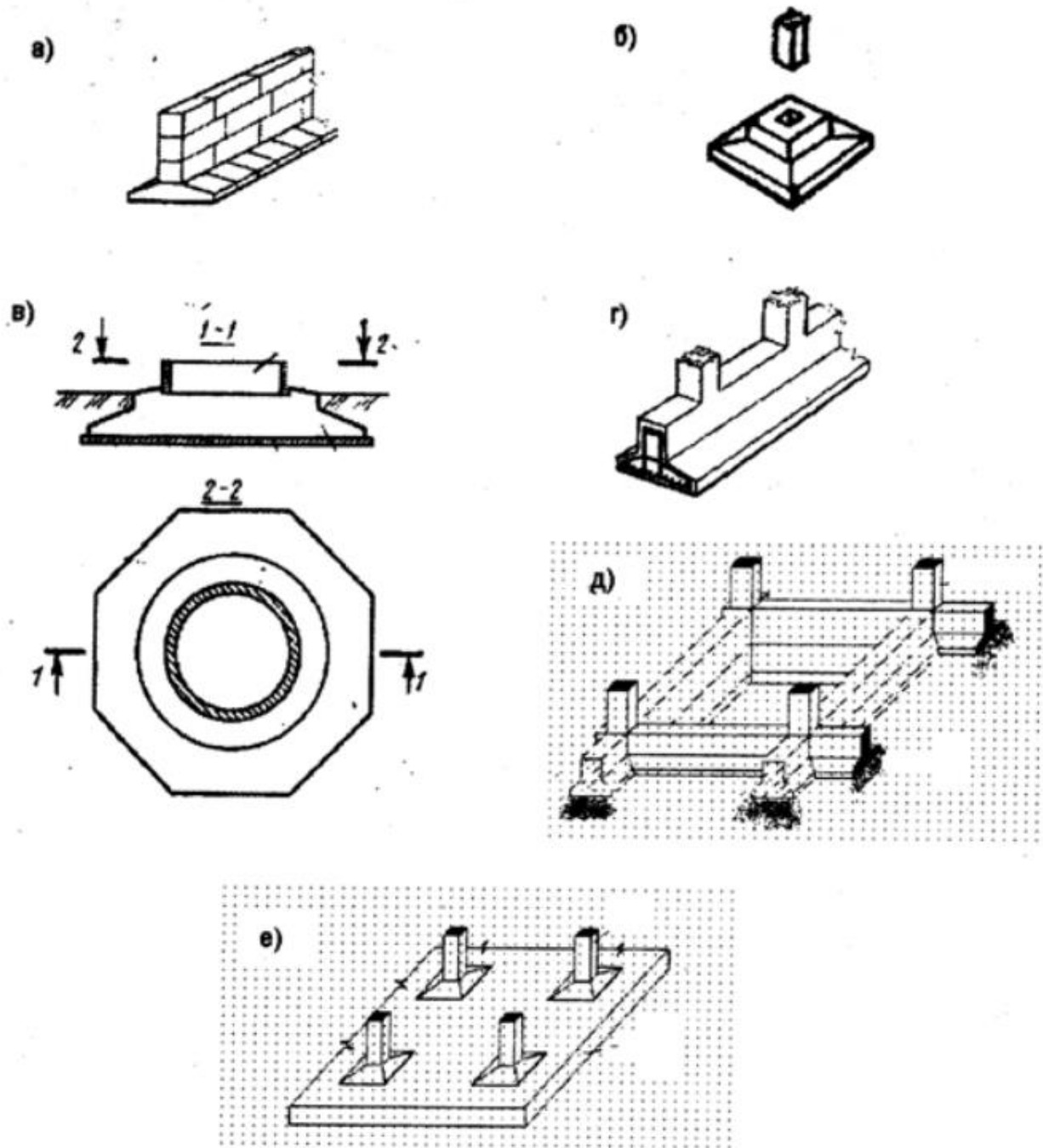


Рисунок 2.2 - Типи фундаментів: а) збірний стрічковий фундамент під стіну; б) окремий збірний фундамент стаканного типу; в) масивний фундамент; г) монолітний стрічковий фундамент під колони; д) фундамент з перехресних стрічок; е) суцільна плита під колони.

Фундаменти будівель працюють спільно з ґрунтовою основою, і розвиток їх надмірних деформацій, нерівномірних осадок і кренів призводить до руйнування або подальшого зменшення експлуатаційної придатності відповідальних конструктивних елементів експлуатованих об'єктів. Майже у 75% випадків поява та розвиток деформацій існуючих будівель виникає внаслідок зміни напружено-деформованого стану ґрунтових прошарків основи, порушення та ослаблення ґрунтової основи фундаментів внаслідок техногенного впливу під час зведення новобудов. Вплив будівельно-технологічних процесів під час зведення новобудов спричиняє додаткові статичні та динамічні навантаження, що призводить до випору та виклинювання ґрунтових мас, розвитку механічної суфозії. [10]

Будівництво нової будівлі в умовах тісної забудови впливає на деформації основи під раніше зведеними будівлями. Додаткове осідання (іноді тріщини, нахил і перекося) сильніше проявляються в тій частині існуючого будинку, що знаходиться поблизу нового.

Як відомо, напружена (чи деформована) зона в основі виходить за межі фундаменту, у результаті чого утворюється вирва осідання (рис 2.3, а). Взаємний вплив близько розташованих фундаментів виявляється в тому, що формується загальна воронка осідання (рис. 2.3, б, в).

Характер деформацій (осідань і кренів) при взаємному впливі фундаментів залежить від умов завантаження цих фундаментів, тобто від часу прикладання навантаження. Так, якщо завантаження основ двох фундаментів відбувається одночасно, то будівля чи споруда отримують нахил у напрямку один до одного. Коли фундаменти зводять і навантажують послідовно, то будівля, яку зводять в другу чергу (за інших рівних умов), отримає осідання менше, ніж при одночасному зведенні; при цьому крен будівель і першої, і другої черги виявляється спрямованим в одну сторону.



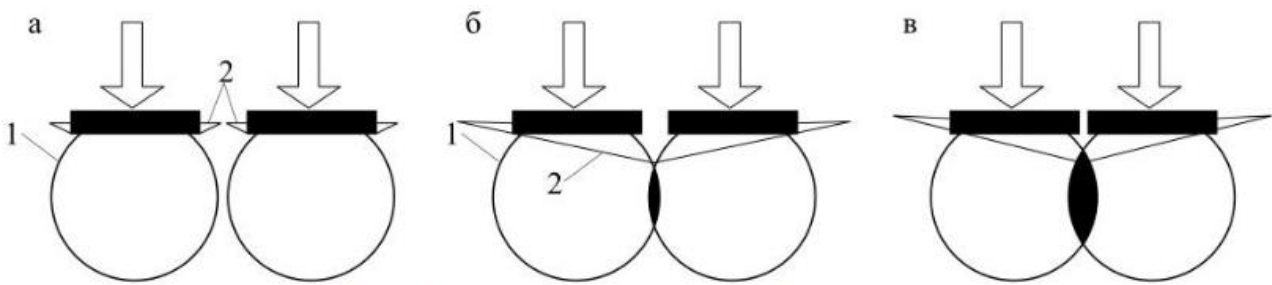


Рисунок 2.3 - Взаємний вплив двох фундаментів: а) зони напружень не перекриваються; б,в) зони напружень перекриваються; 1) зона напружень; 2) вирва осідання.

Поверхня ґрунту безпосередньо біля краю підшви жорсткого фундаменту дає осідання, близьке до осідання самого фундаменту (рис. 9, а), і з віддаленням від краю підшви вона інтенсивно зменшується.

Утворення вирви осідання поверхні ґрунту поблизу відносно ”важких“ будівель, що зводяться, приводить до додаткового осідання  $S_{ad}$  і деформації поруч існуючих будівель (рис. 2.4, б) та інженерних комунікацій, що знаходяться в межах зазначеної вирви. На відстані рівній  $0,5b$  від краю фундаменту глибина вирви осідання може складати 25–40% величини осідання самого фундаменту. Утворення вирви осідання в існуючій будівлі може бути викликане також однобічним привантаженням складованим матеріалом чи підсипанням ґрунту при планувальних роботах.

У тих випадках, коли неможливо забезпечити розрив між суміжними фундаментами не менше ширини  $b$  для стовпчастого і  $1,5b$  для стрічкового, необхідно застосовувати спеціальні заходи: влаштування огороження з розділювальної стінки і застосування фундаментів з консолями.

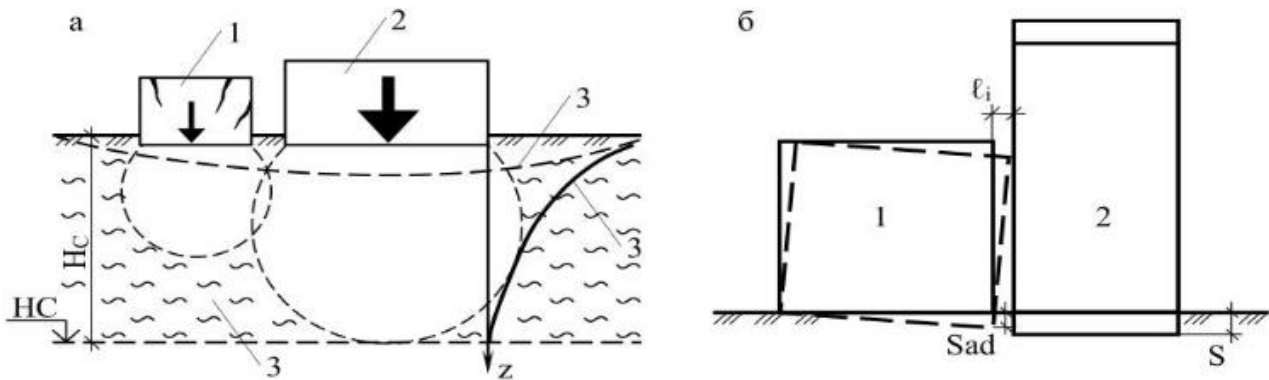


Рисунок 2.4 - Взаємний вплив двох фундаментів:

Осідання поверхні ґрунту (а) та характер деформації різнонавантажених будівель (б), що розміщені поблизу одна від одної:

- 1 – існуюча будівля; 2 – будівля, що зводиться;
- 3 – вирва осідання; 4 – епюра осідання поверхні ґрунту;
- 5 – стискувана товща.

Такиим чином, при будівництві споруди з фундаментом мілкового закладання поблизу існуючої будівлі, з умови що зони напружень перекриваються, утворюється вирва осідання, яка призводить до крену фундаменту існуючої будівлі, а в наслідок до деформації.

### 2.1.2 Деформації існуючих будівель при порушенні технології влаштування поблизу них шпунтів і паль

Основними тенденціями сучасного будівництва у великих містах під час зведення як житлових, так і громадських будівель є підвищення поверховості забудови (висота будівель до 100 м і більше), збільшення кількості споруд, під якими освоюються підземні простори (завглибшки 10 м і більше), зростає кількість об'єктів, на яких проводять реконструкційні роботи в умовах щільної

забудови. При цьому вирішуються завдання як надбудови будівель, так і влаштування під ними заглиблених приміщень.

Зазначені види будівництва потребують спорудження фундаментів підвищеної несучої здатності на штучних, здебільшого пільових, основах, влаштування в ґрунті глибоких котлованів (виїмок). Інакше кажучи, до робіт нульового циклу на сьогодні пред'являються дуже серйозні вимоги. Це стосується забезпечення стійкості стінок (укосин) глибоких виїмок у ґрунті й використання раціональних для кожного будівельного майданчика типів пільових фундаментів.

Шпунт за матеріалом і технологією занурення, а також види сталевих шпунта класифікують так:

- 1) за матеріалом – дерев'яний, залізобетонний, полімерний, сталевий;
- 2) за формою перетину – плоский, коритоподібний (Ларсен), Z-подібний, H-подібний, із труб і напівтруб, комбіновані системи;
- 3) за технологією занурення: – забивання: копром; молотом, встановленим на стрілі крана-екскаватора; молотом, підвішеним на гак крана; – удавлювання: самохідні на гусеничному ході; із переміщенням по шпунтовому ряду; на буровій установці; – вібраційне занурення: на крані; на буровій установці або копрі; на стрілі екскаватора. [11]

Палі у фундаменті застосовують здавна. Спочатку їх застосовували для ущільнення ґрунтів із метою підвищення несучої здатності основ, потім – як несучі елементи, що передають навантаження від плити фундаментів на ґрунт. Палі виготовляли з лісоматеріалів і забивали в ґрунт ручними молотами. Голови пиль зрізали нижче рівня води, захищаючи їх від контакту з повітрям. У наш час застосовується понад 100 типів пиль, які можна класифікувати за трьома найістотнішими ознаками:

- за особливостями передавання навантаження на ґрунт (палі-стояки, висячі, ущільнювальні, тертя);
- за способом заглиблення або влаштування пиль у ґрунті (виготовлені задалегідь і занурювані в готовому вигляді; виготовлені в проектному

положенні; комбіновані);

– за матеріалом: дерев'яні, бетонні, залізобетонні, сталеві, комбіновані.

Класифікація палей за другорядними ознаками:

– за формою поперечного перерізу: круглі; багатогранні; квадратні; трубчасті; прямокутні; хрестоподібні; трикутні;

– за формою повздовжнього перерізу: циліндричні (призматичні); конічні; пірамідальні; із рифленою поверхнею.

– за різновидом діючого зусилля: стиснуті; розтягнуті; гнуті; – за розташуванням у фундаменті: вертикальні; похилі. [11]

Перерозподіл зусиль між палями й ростверком у разі пальної основи відбувається наступним чином: ростверк сприймає близько 45 % від загального навантаження, а палі - близько 55 %. У разі пального фундаменту такий перерозподіл змінюється: відповідно близько 15-20 % на ростверк і 80 - 85 % на палі, що було відзначено при різних ґрунтових умовах. Проведені дослідження вказують на необхідність урахувати в розрахунку габарити палей і ростверків при взаємодії їх з ґрунтовою основою. У цьому випадку виконується сумісна робота палей з ростверком. Для висотних будинків у таких випадках часто застосовується термін «комбінований плитно-пальовий фундамент» [12]

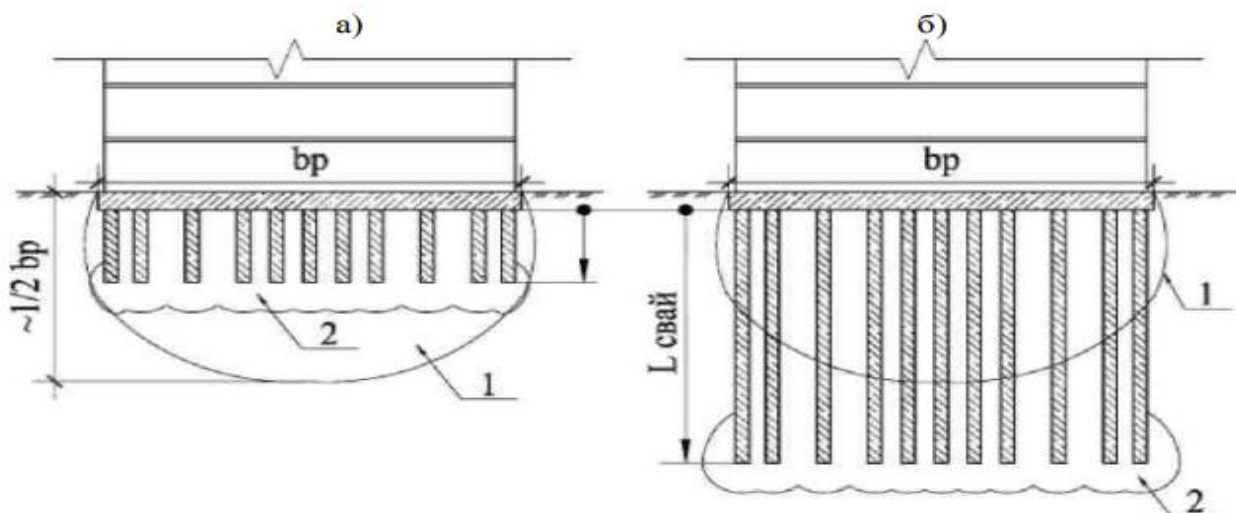


Рисунок 2.5 - Взаємодія фундаментних конструкцій з ґрунтовим масивом:

а) пальова основа; б) пальовий фундамент; 1 – зона деформації під ростверком;

2 – зона деформації під подошвою палей

## 2.2 Сучасні технології будівництва основ і фундаментів при прибудові будівель до існуючих.

Будівництво нової будівлі в безпосередній близькості від існуючого без розробки особливих заходів, спрямованих на зниження впливу на роботу ґрунту під існуючими фундаментами, додаткової навантаженням від будівлі, яке знову зводиться.

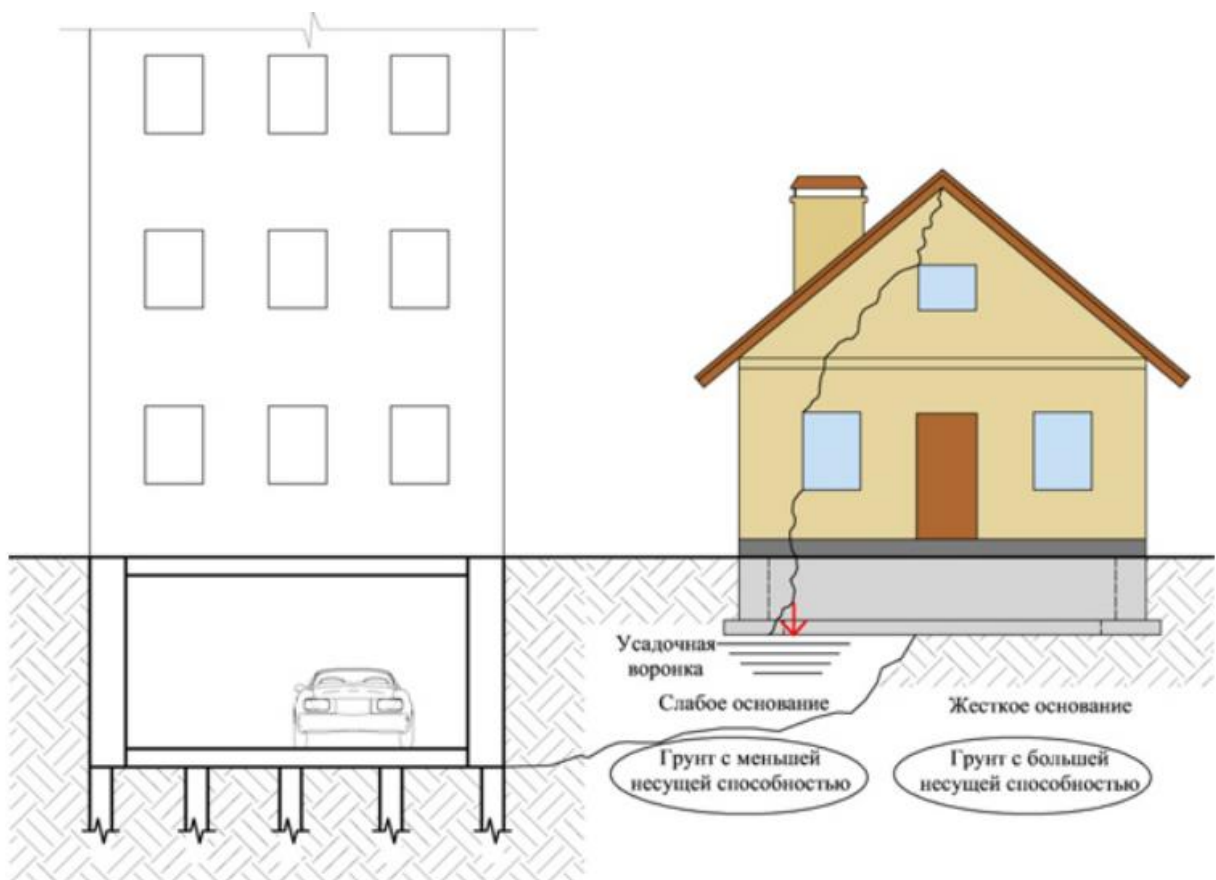


Рисунок 2.6 - Деформація існуючої будівлі при будівництві поблизу нової споруди

До сучасного рішення можна віднести підготовку основи для нового будівництва методом ін'єктуванням геокомпозитів в основі будівлі.

Технологія посилення ґрунтового масиву створення «геокомпозитів» в основі будівель і споруд здійснюється шляхом формування «елементарної

комірки», яка є основою об'ємно-планувальної схеми посилення ґрунтового масиву. Об'ємно-планувальна схема розробляється спеціалізованою проектною організацією і визначається як видом споруди, так і інженерно-геологічними умовами майданчика будівництва. Поінтервального ін'єктування ущільнюючого розчину виконується на задану проектом глибину зони, яка зміцнюється.

Даний метод допомагає усунути порожнини в основі, а також збільшити несучу здатність – після ін'єктування «розрізнені» частини фундаменту зв'язуються, підвищуючи міцність на стиск, що прилягає до основи ґрунт монолітиється, а опорна площа фундаменту стає більше.

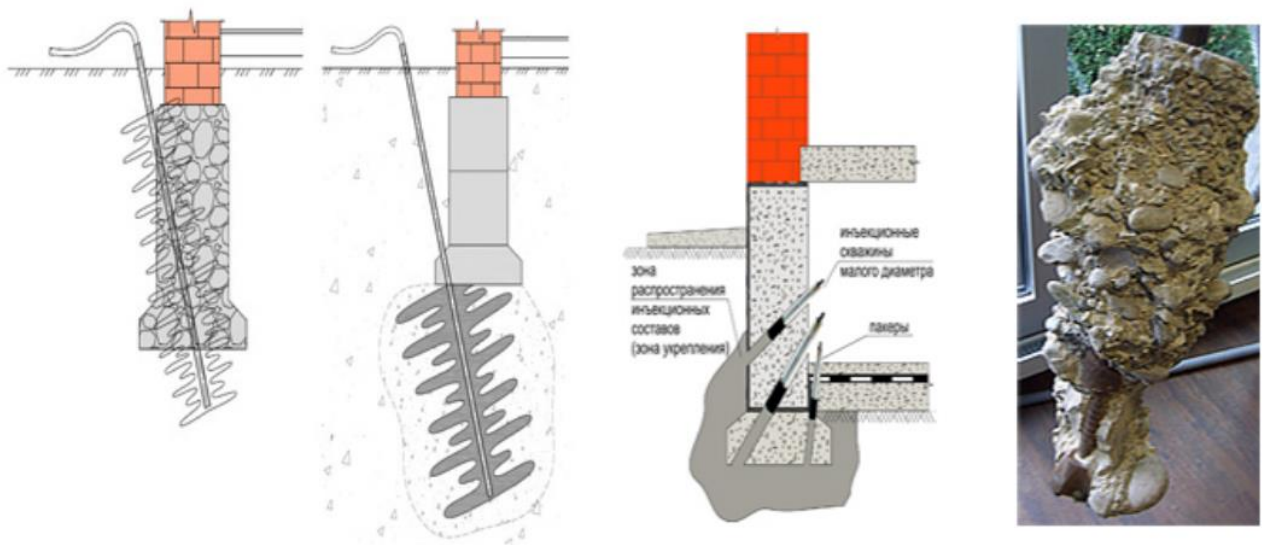


Рисунок 2.7 - Деформація Створення «геокомпозитов» в основі будівель

### 2.2.1. Аналіз технологій влаштування фундаментів при прибудові нових споруд до існуючих

Проектування фундаментів нового будівництва має включати розрахункове обґрунтування впливу цього будівництва на навколишню забудову і територію і розроблення заходів із збереження експлуатаційних якостей

існуючих будівель і споруд.

У проекті вказується послідовність виконання робіт із влаштування нульового циклу нового будівництва, дотримання якої забезпечить збереження існуючої забудови. Прилягання нової будівлі до існуючої проектується із забезпеченням можливості їх незалежного осідання. Якщо між будівлями проектується замкнений простір, він повинен мати покрівлю і бути вентильованим. У проектах нового будівництва передбачаються заходи щодо захисту існуючої забудови від змін рівня підземних вод у разі, якщо прогнозується зміна гідрогеологічного режиму (підняття чи зниження підземних вод).

Порядок проектування:

Проектування основ та фундаментів засноване на техніко-економічному порівнянні конструктивних рішень і виборі найбільш оптимального з них. При цьому ураховуються такі показники: вартість конструкції та трудомісткість її зведення, довговічність, технологічність та індустріальність, можливість зведення взимку, збереження природної структури ґрунту та ін. Рекомендується такий порядок проектування.

1. Підраховують навантаження та впливи, які діють на фундамент, і визначають найбільш несприятливе їх сполучення.

2. Аналізують інженерно-геологічні умови будівельного майданчика та району будівництва.

3. При необхідності визначають нормативні та розрахункові характеристики ґрунтів основи.

4. Складають ескізи, суміщені з геологічним розрізом, найбільш імовірних типів фундаментів з урахуванням типа споруди, діючих навантажень та фізико-механічних властивостей ґрунтів.

5. Визначають несучі шари основи для вибраних типів фундаментів.

6. Виконують попередній розрахунок прийнятих типів фундаментів.

7. Підраховують техніко-економічні показники варіантів та вибирають найбільш оптимальний з них.

8. Виконують остаточний розрахунок вибраного варіанта фундаменту. Такого порядку проектування дотримуються не завжди. В одному випадку деякі розрахунки відпадають, в іншому - виконуються додаткові перевірки та повторні розрахунки. За інших рівних умов найбільш суттєвими є показники вартості та трудомісткості зведення фундаментів. У цьому плані різні типи фундаментів неодноманітні. Наприклад, монолітні стовпчасті та стрічкові фундаменти за трудомісткістю практично завжди поступаються перед фундаментами із забивних паль, проте за вартістю матеріалу конструкції палеві фундаменти, як правило, програють. Вибір того чи іншого типу фундаменту в такому випадку залежить від призначення об'єкта, що будується, та можливостей будівельної організації. Якщо скорочення строків будівництва дає суттєвий економічний ефект, то перевагу надають фундаментам з найменшою трудомісткістю, яка забезпечує максимальну швидкість зведення.

### **2.2.2 Особливості технології влаштування фундаментів поблизу існуючих будівель і розробки проекту виконання робіт**

Розробка проектів фундаментів будівель, розташованих в безпосередній близькості від існуючих споруд, включає в себе розрахунок основ як проектованої будівлі, так і існуючих споруд. Основний аспект зведення подібних фундаментів пов'язаний з особливостями їх роботи: при збільшенні навантаження на фундамент, буде більше стискання ґрунту і просідання. Саме тому, на період будівництва між фундаментами сусідніх будівель організовується розрив (технологічний стик). Зазвичай, розрив влаштовують у вигляді зазору в 20 - 40 см, в якому розташовуються випуски арматури. Залежно від характеру переміщень поблизу деформаційного шва, типу фундаменту і конструкції будівлі можуть застосовуватися такі способи влаштування деформаційного шва: подвоєння торцевих стін; подвоєння колон і балок (в



каркасних конструкціях); подвоєння прогонів - при односторонньому рухомому їх обпиранні; метод «вкладеного прольоту»; одностороннє або двостороннє винесення конструкцій покриття. По завершенню будівництва обох будівель, коли фундаменти просядуть, зазор заповнюють бетоном. Якщо арматуру зі стін випустити вже неможливо, то зазор перекривають армопоясом на рівні верхнього перекриття. Такий прийом дозволяє уникнути розкриття стику. Також важливо, щоб фундаменти суміжних споруд відносились до одного типу за глибиною закладення (глибокого чи мілкового закладання). Вибір оптимального способу виконання робіт по влаштуванню фундаментів, а також добре обґрунтоване проектне рішення визначають успішну роботу основ і фундаментів. Спосіб розробки котловану повинен вибиратися з урахуванням заглиблення котловану по відношенню до існуючих фундаментів, розміру захваток, рівня підземних вод, виду і стану ґрунтів, пори року та інших факторів. При виконанні робіт динамічний вплив на основу і фундаменти існуючих будівель повинен бути незначним, тому в межах смуги, що примикає безпосередньо до будівель, рекомендується використовувати екскаватори з малою ємністю ковша. Забудова суміжних ділянок з існуючими спорудами, повинна бути об'єктом особливої уваги для служб експлуатації. У період виконання робіт по розробці котловану, зведенні наземної частини, введенні в експлуатацію нових споруд та під час їх експлуатації необхідно вести регулярне обстеження існуючих конструкцій. [13]

Як було зазначено вище, розробка проектів фундаментів будівель, які розташовані в безпосередній близькості від існуючих споруд, включає в себе розрахунок підстав як проектованої будівлі, так і існуючих будівель. Розрахунок природного підстави нової будівлі повинен здійснюватися за несучою здатністю і за деформаціями. За несучої здатності проводиться розрахунок і тих фундаментів існуючих будівель, біля яких розташовуються котловани для влаштування фундаментів проектованих будівель. Розрахунок несучої здатності підстав проектованих будівель повинен виконуватися (в запас) без урахування одностороннього завантаження сусідніх площ. У розрахунок підстав за

деформаціями входить також розрахунок нерівномірності додаткових осад існуючих будівель при завантаженні сусідніх ділянок зводяться спорудою. Якщо ґрунти майданчика будівництва раніше не були завантажені зовнішнім навантаженням, то нова будівля в місцях примикання до існуючих буде давати менші опади, ніж на вільній території. Це може привести до небезпечного перекосу нової будівлі поблизу примикання його до існуючих, а також до відносно більшого загального прогину нової будівлі, що слід враховувати при проектуванні (рис. 2.8).

Збільшення перекосу нової будівлі в місцях примикання до існуючого може бути оцінений за такою методикою:

а) визначається осад  $s$  1 фундаменту стіни, що примикає до існуючої будівлі, без урахування жорсткості будівлі по деформаційних характеристиках майданчика будівництва, встановленим при вишукуваннях;

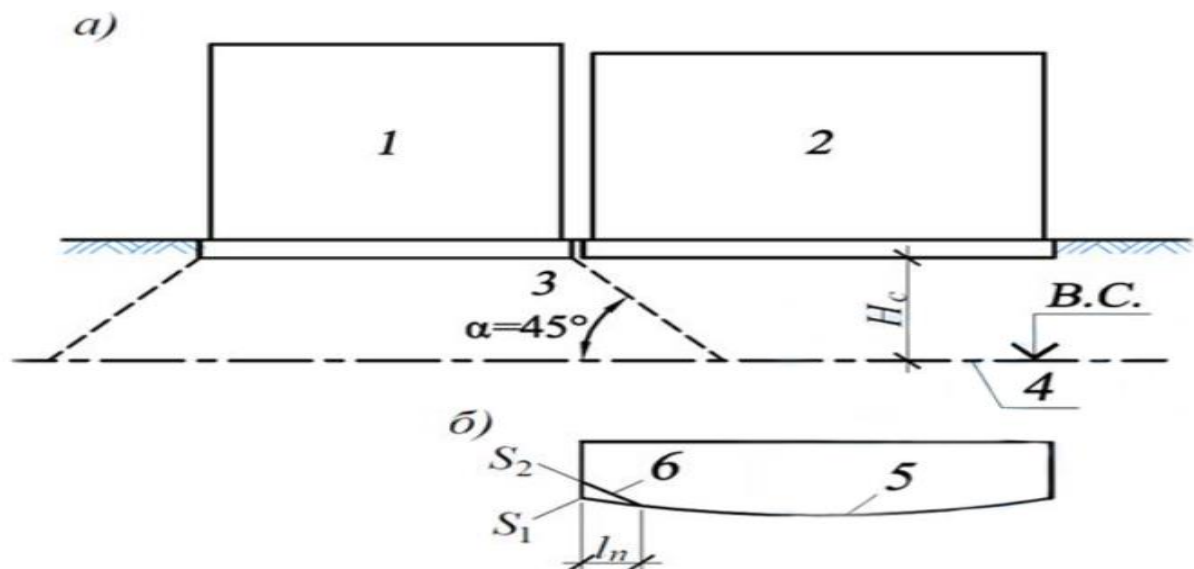


Рисунок 2.8 - До визначення додаткового перекосу нового будинку, зведеного поблизу вже існуючого а - схема примикання, б - епюра осад по расчету- 1 - раніше побудоване зданіє- 2 - нове зданіє- 3 - умовна лінія розподілу напружень від раніше побудованого будівлі-4 - нижня межа стисливої толщі- 5 - осаду нової будівлі без урахування ущільнення ґрунту у приміканія- 6 - те ж, з урахуванням ущільнення ґрунту

б) визначається осадку  $s_2$  того ж фундаменту, але по деформаційних характеристиках ґрунту в ущільненому стані з урахуванням навантаження, переданої існуючою будівлею;

Не рекомендується проводити планування території підсипанням більше 0,5 м в межах площі, завантаження якої викличе додаткове ущільнення ґрунтів під існуючими будівлями. При необхідності виконання підсипки, товщина якої перевищує 0,5 м, слід враховувати, що цей захід може викликати додаткову нерівномірне осідання як існуючих, так і проєктованих будівель і споруд, особливо якщо ця підсипка проєктується тільки на частині території. Підсипку необхідно приймати як розподілене навантаження нарівні з навантаженнями від проєктованих будівель з усіма наслідками, що випливають звідси наслідками. Заходи, спрямовані на ліквідацію впливу нерівномірної додаткової опади підстав, слід розробляти з урахуванням осадки, яка повинна бути визначена розрахунком. Розташування споруд в плані, заглиблення фундаментів і підземної частини, вибір типу фундаменту приймаються з урахуванням наступних основних вимог. Якщо тиск на ґрунт від проєктованого будинку не менше тиску від існуючих сусідніх будівель, рекомендується нову будівлю відносити від існуючих фундаментів на відстань  $L \geq 0,5 h_c$ . При  $L < 0,5 h_c$  вплив нової будівлі, як правило, незначно і може бути враховано розрахунком.

При необхідності влаштування фундаментів на відстані  $L < 0,5 h_c$  мінімальне безпечну відстань буде залежати від інженерно-геологічних умов, конструкції фундаменту, способу розробки ґрунту, вимог технології влаштування фундаментів, порядку монтажу будівлі і ряду інших чинників. Найбільша нерівномірність осідань територій, що примикає до нової будівлі (а отже, і нерівномірність додаткових осідань існуючих будівель), проявляється на видаленні до  $0,2 h_c$  від нових фундаментів. У житлових безкаркасних будівель саме на цій ділянці розвиваються найбільш значні пошкодження конструкцій, перш за все поздовжніх стін. На видаленні  $(0,2 \text{--} 0,5) h_c$  (зона В) зазвичай виникають перекося конструкцій з утворенням в стінах похилих трещин - на

видаленні від  $0,5 H_c$  до  $H_c$  (зона Б) відбувається загальний крен будівлі.

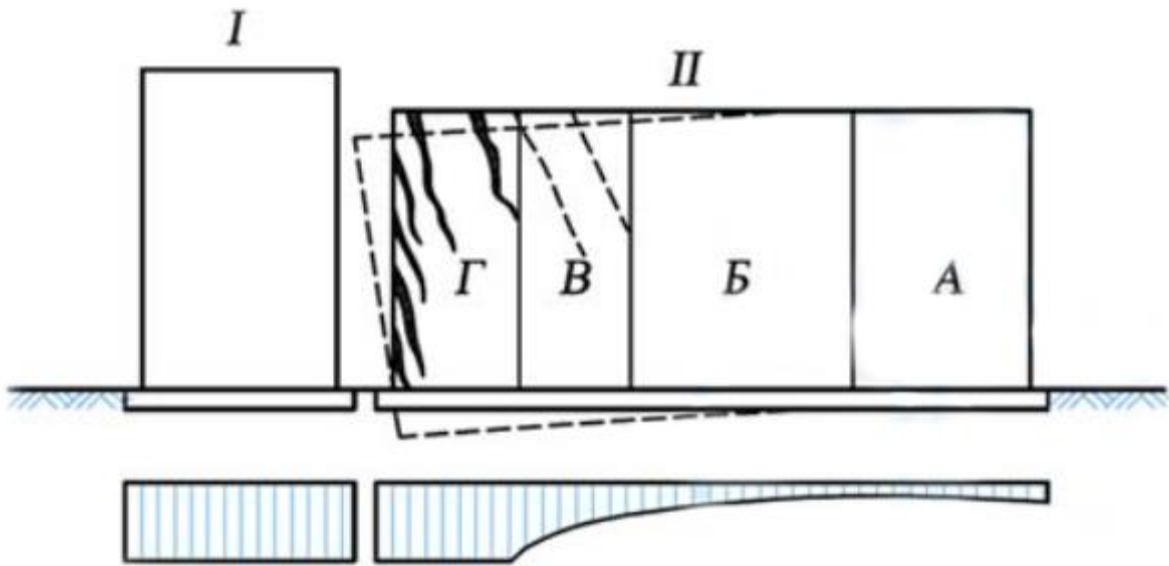


Рисунок 2.9 - Схема силового впливу будівлі, що будується (I) на вже існуюче (II), розташоване в межах воронки осідання  
а – г - зони пошкодження конструкцій будівлі

При оцінці  $H_c$  можна користуватися методикою, викладеної в роботах Б.І. Далматова, або методом підсумовування (в останньому випадку  $H_c = z$ ). Величину  $H_c$  слід визначати для центру проектованої будівлі (споруди) з урахуванням завантаження всіх фундаментів.

Залежно від очікуваних кінцевої опади нового і додаткових осад існуючої будівлі, чутливості конструкцій останнього до розвитку нерівномірних осад і архітектурних особливостей об'єкта визначається мінімально допустимий розрив між краями нових та існуючих фундаментів. Примикання споруд впритул, необхідне по архітектурним чи інших міркувань, може здійснюватися тільки з пристроєм осадового шва в наземної частини і розриву між новими і старими фундаментами. Сучасні методи виробництва робіт по розробці ґрунту і влаштування фундаментів дозволяють при відповідному виборі варіанту нових фундаментів (наприклад, стіна в ґрунті) і дотриманні певних вимог забезпечити примикання нових фундаментів майже впритул до існуючих.

### **2.2.3 Розробка проекту виконання робіт при влаштуванні фундаментів мілкового закладення поблизу існуючих будівель**

Додається додаток №1 – Проект виконання робіт при влаштуванні фундаментів мілкового закладення поблизу існуючих будівель.

### **2.2.4 Застосування роз'єднувального шпунта як засобу захисту конструкцій існуючих будівель**

Роз'єднувальний шпунт при проектуванні і влаштуванні примикань може стати незамінним елементом основи, хоча досить дорогим і металомістким. При раціональному використанні шпунт може забезпечити: кріплення стінок будівельних котлованів, включаючи й такі, які розробляються нижче подошви фундаментів існуючих будівель, розташованих безпосередньо біля бровки котлованів; можливість пристрою котлованів без укосів, що особливо важливо при виконанні робіт в обмежених умовах існуючої забудови; збереження рівня підземних вод на вихідних відмітках при водовідливі з розроблених котлованів; запобігання розвитку пливунних явищ і суфозії; істотне зменшення додаткових усадок території, що оточують запроектовані будівлі. При поділі шпунтом основ існуючої і будівлі, що зводиться (рис. 2.10) необхідно домагатися того, щоб переміщення шпунта було істотно меншим усадки будівлі що зводиться. Для цієї мети шпунтини повинні заглиблюватися в підстилаючий шар щільних ґрунтів або на таку глибину, при якій сила тертя, що утримує шпунт від вдавнення, була б більше сили негативного тертя, що викликає його занурення в ґрунт спільно з осідаючим новим будинком. [14] Роз'єднувальна шпунтова стінка повинна йти вздовж всієї лінії примикання фундаменту нової будівлі до існуючої і з кожного боку мати «шпори» довжиною в плані не менше 1/4 частини стисливої товщі

(довжини шпунта) (рис.2.10-2.11). «Шпори» необхідні для запобігання впливу нової будівлі на існуючу, а також на комунікації, розташовані близько зони примикання будівель.

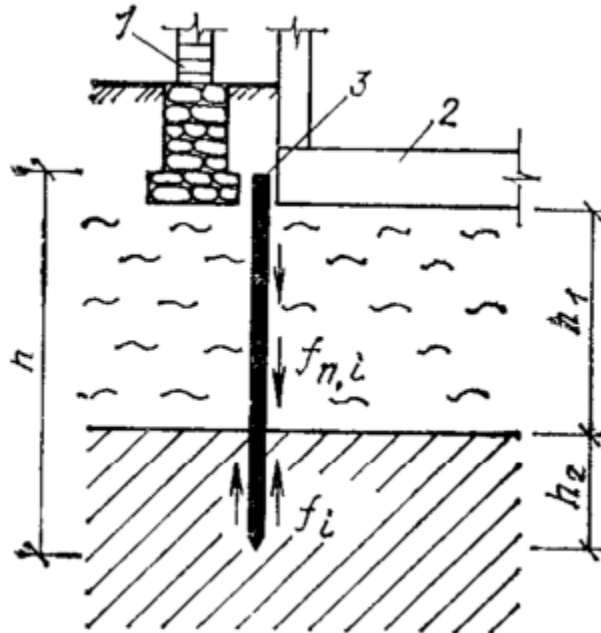


Рисунок 2.10 - Роз'єднувальна шпунтова стінка

1- Фундамент існуючої будівлі; 2- фундамент бдуівлі що будується; 3- шпунт

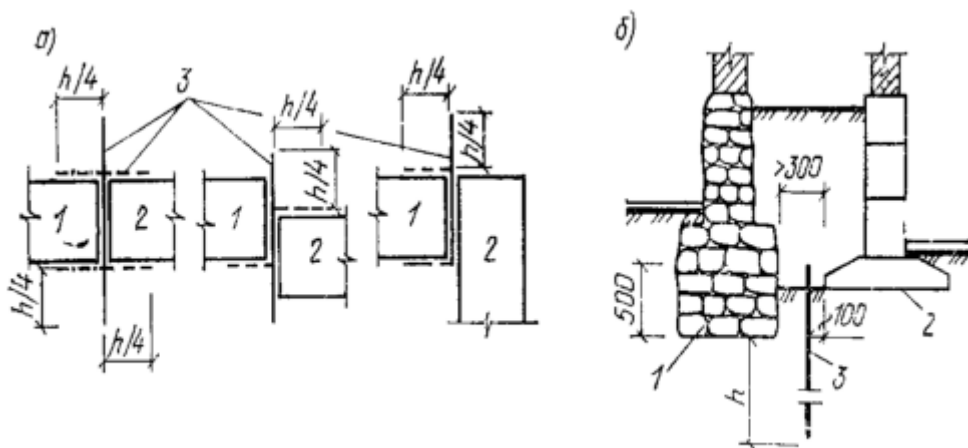


Рисунок 2.11 - Розташування розділювальної шпунтової стінки

а) - план; б) – розріз; 1 – існуюча споруда; 2 – будівля,що будується;

3 – роз'єднувальний шпунт

За допомогою шпунтових огорожень забезпечують:

– стабілізацію рівня підземних вод на вихідних відмітках під час водовідливу з котлованів, запобігання розвитку пливуних явищ і суфозії;

– значне зменшення додаткових осад території навколо проектованої будівлі.

Роз'єднувальну шпунтову стінку влаштовують уздовж лінії примикання до існуючої будівлі. Вона повинна входити в щільний шар ґрунту на глибину, за якої сили тертя, що утримують шпунт від видавлювання, були б більше сил негативного тертя, що викликають переміщення його у ґрунт основи. [15]

### **2.3 Натурні дослідження впливу споруджуваного житлового будинку на осідання близрозташованих будівель на слабких водонасичених ґрунтах**

Одним із напрямів сучасної прикладної геодезії є деформаційний моніторинг. У це поняття входить геодезичний моніторинг за осіданнями та деформаціями фундаментів, а також інших важливих конструктивних елементів будівель і споруд.

Деформаційний геодезичний моніторинг полягає в регулярному відстеженні деформацій споруд та інших важливих конструкцій геодезичними методами, проводиться з метою своєчасного виявлення і попередження розвитку аварійних ситуацій. Даний вид інженерного моніторингу є важливою ланкою в будівництві, а також в системі державного і відомчого технічного нагляду.

Геодезичний моніторинг за осіданнями та деформаціями будівель і споруд необхідний не тільки для контролю об'єктів, уже введених в експлуатацію. Незавершені будівельні проекти також часто потребують пильної уваги і ретельного контролю. В ході геодезичного моніторингу будівлі, що будується проводять спостереження за деформаціями, так і за тими будівлями, які розташовані в радіусі можливого впливу будівельного майданчика. Особливо важлива організація подібних спостережень при будівництві висотних будівель

в міських умовах, коли осідання і деформації нової будівлі можуть викликати «ланцюгову реакцію» подібних проблем серед сусідніх.

В 2017 році проводилося спостереження за осіданнями в процесі будівництва 19-поверхового житлового будинку (див. . 2.12).



Рисунок 2.12 - Загальний вигляд будинку, що зводиться

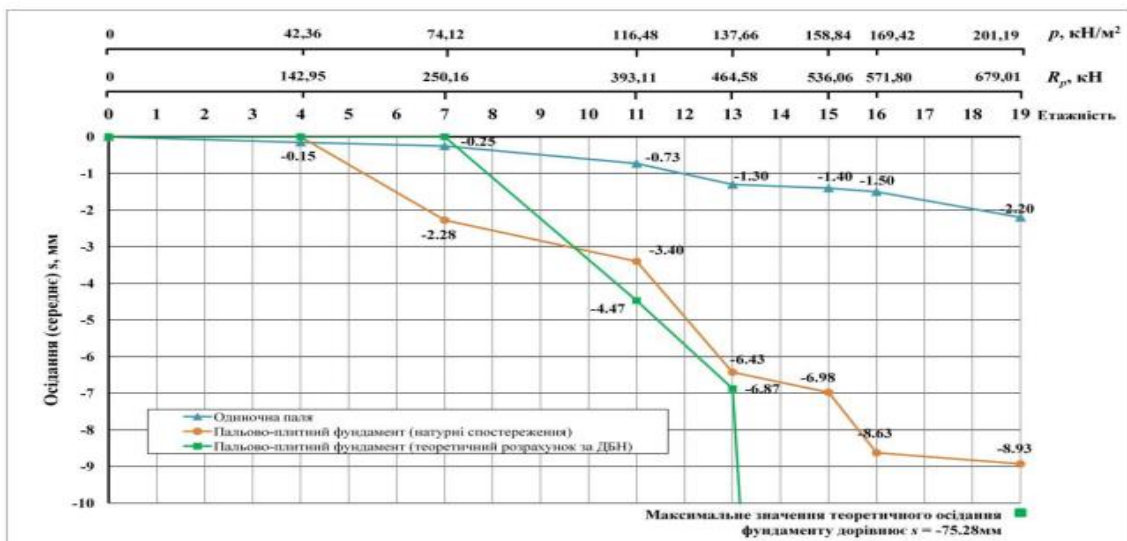


Рисунок 2.13 - Графіки залежностей осідань від навантаження



На рис. 2.13 наведені графіки, а в табл. 2.1 - значення фактичних і теоретичних осідань будинку від реальних навантажень у процесі будівництва й усереднена залежність осідань 2-х натурних одиночних паль при випробуванні дослідними навантаженнями, що отримана на стадії вишукувальних робіт.

Таблиця 2.1 - Порівняння фактичних і розрахункових значень

Пальново-плитний фундамент (натурні спостереження)			Одиноч- на паля	Пальново-плитний фундамент (теоретичний розрахунок по ДБН)				
Дата замірювання	Поверховість	Середнє значення осідань будівлі	Натурні випробування	Реакції в палях		Тиск під подошвою умовного фундаменту	Стислива товща	Середнє осідання
мм/рр	$N$	$s$ , мм	$s$ , мм	$R_p$ , кН	$\Sigma R_p$ , кН	$p$ , кН/м <sup>2</sup>	$H$ , м	$s$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
09/2015	4	0.00	-0.15	142.95	34164.86	42.36	0.00	0.00
10/2015	7	-2.28	-0.25	250.16	59788.51	74.12	0.00	0.00
02/2016	11	-3.40	-0.73	393.11	93953.37	116.48	6.00	-4.47
04/2016	13	-6.43	-1.30	464.58	111035.80	137.66	7.80	-6.87
05/2016	15	-6.98	-1.40	536.06	128118.23	158.84	9.40	-47.78
07/2016	16	-8.63	-1.50	571.80	136659.44	169.42	10.00	-54.22
10/2016	19	-8.93	-2.20	679.01	162283.09	201.19	11.60	-75.28

### **3 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ НА СЛАБКИХ ВОДОНАСИЧЕНИХ ГЛИНИСТИЙ ГРУНТАХ**

#### **3.1 Влаштування котлованів в слабких водонасичених глинистих ґрунтах**

Водонасичені глинисті ґрунти характеризуються найбільшим осіданням, повільно затухаючим, яке триває десятки років. Важливим показником є швидкість осідання. Різні будівельні конструкції мають неоднакову здатність перерозподілу зусиль при нерівномірному осіданні. При значних швидкостях осідання можуть відбутися аварійні руйнування конструкцій, при менших швидкостях - повільні деформації повзучості. [16]

Проектування котловану для нового будівництва в умовах ущільненої забудови обґрунтовується розрахунками щодо забезпечення стійкості його стін і захисту навколишньої забудови від додаткових деформацій. За необхідності проектом передбачаються конструкції для забезпечення стійкості стін котловану і правила їх влаштування.

При розробці проєктів основ і фундаментів слід передбачати захист елювіальних ґрунтів від руйнування атмосферним впливом і водою в період влаштування котлованів. Для цієї мети варто застосовувати водозахисні заходи, не допускати перерв у влаштуванні основ і наступному зведенні фундаментів, передбачати недобір ґрунту в котловані. Величину недобору ґрунту в котловані варто приймати: для пилувато-глинистих аргіліто-алевролітових ґрунтів - 0,3 м, для магматичних пилувато-глинистих і піщаних, а також великоуламкових аргіліто-алевролітових ґрунтів - 0,2 м, для інших видів ґрунтів - 0,15 м.

За наявності в елювіальних ґрунтах осадових порід пологозалягаючих вуглистих і сажистих прошарків, що виходять на позначку закладання підосви

фундаментів, величина недобору повинна прийматися не менше ніж 0,5 м.

При тривалому провадженні робіт варто застосовувати поверхнєве ущільнення елювіальних ґрунтів на позначці підосви фундаментів на глибину до 0,5 м. При високій вологості глинистих і пілуватих піщаних ґрунтів перед ущільненням варто покривати шаром щебеню скельних порід товщиною 0,3 м. Розрахунковою схемою споруди на основі, складеній елювіальними ґрунтами, є конструкція на нерівномірно стисливій основі. Коефіцієнти жорсткості нерівномірно стисливої основи обчислюють для розрахункових перетинів у плані будівлі за деформаційними характеристиками ґрунтів, величини яких приводять у матеріалах інженерно-геологічних вишукувань.

Для слабких водонасичених ґрунтів буде доцільно використовувати штучні основи, які виготовляють методами поверхнєвого та глибинного ущільнення.

Динамічним способом ущільнюють глинисті ґрунти (при коефіцієнті водонасичення  $S_r \leq 0,7$ ) і піски від малого ступеня водонасичення до насичених водою. Ущільнення водонасичених глинистих ґрунтів короткочасним навантаженням неможливе через довгочасність процесу витіснення води з пор ґрунту. Потрібну щільність ґрунту  $\rho_{ds}$ , який ущільнюють, визначають через щільність сухого ґрунту  $\rho_d$  чи через коефіцієнт ущільнення  $k_s$ , що являє собою відношення фактично отриманого значення щільності сухого ущільненого ґрунту  $\rho_{ds}$  до його максимального значення за стандартним ущільненням  $\rho_{d \max}$ :

$$k_s = \rho_{ds} / \rho_{d \max} \quad (3.1)$$

Орієнтовно  $\rho_{d \max}$  може бути визначена як:

$$\rho_{d \max} = \rho_s / (1 + W_o \rho_s) \quad (3.2)$$

де  $W_o$  – оптимальна вологість ґрунту, яку при поверхнєвому ущільненні важкими трамбівками орієнтовно приймають  $W_o \approx W_p - (0.01 \div 0.03)$ , а при укочуванні  $W_o \approx W_p$ ;  $W_p$  - вологість на межі розкочування.

Ущільнення ґрунтів важкими трамбівками здійснюють шляхом скидання

трамбівки масою 2–6 т із розвинутою подошвою на поверхню ґрунту. Кількома ударами по одному сліду, а потім із частковим перекриттям слідів за площею досягають ущільнення ґрунту на глибину, приблизно рівну діаметру подошви трамбівки. Спосіб успішно використовується для поверхневого ущільнення лесових просадочних ґрунтів. При виборі трамбівок ураховують вантажопідйомність базової машини й товщину шару ґрунту, що ущільнюється. Залежність між товщиною шару, що ущільнюється,  $h_0$  і діаметром частини трамбівки  $b$ , що стикається з ґрунтом, визначають за формулою:

$$h_0 = kb, \quad (3.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який дорівнює відповідно для пісків 1,3; супісків – 1,1; суглинків – 1 і глин – 0,9.

Масу трамбівки визначають з умови

$$M = \sigma_r A, \quad (3.4)$$

де  $\sigma_r$  – питомий статичний тиск трамбівки (відношення її ваги до площі основи  $A$ ) повинен бути для пісків не менший ніж 15 кПа, а для глинистих ґрунтів – 20 кПа. Кількість ударів трамбівки по одному сліду для досягнення необхідної щільності сухого ґрунту залежить від маси трамбівки (чим більша маса трамбівки, тим меншу кількість ударів виконують по одному сліду). Ущільнення ґрунтів супроводжується зниженням їх поверхні. Цю величину необхідно враховувати при призначенні глибини відкопування котловану з недобором ґрунту

$$\Delta h = (1 - p_d/p_{ds}) \cdot h \cdot m_c \quad (3.5)$$

При ущільненні ґрунтів важкими трамбівками критерієм є проектний відказ трамбівки (осідання її за один удар). Цю величину визначають у процесі дослідного трамбування. Вона орієнтовно становить: для пісків – 1 см, глинистих ґрунтів – 1,5 см. Вважається, що продовження ущільнення ґрунту після досягнення проектних значень відказів неефективне.

Основні технічні параметри поверхневого ущільнення (базова машина,

діаметр і маса трамбівки, висота їх скидання, кількість ударів або проходок за одним слідом, товщина ущільненого шару ґрунту тощо) наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні технічні параметри поверхневого ущільнення ґрунту

Устаткування	Висота скидання трамбівки, м	Кількість ударів або проходок за одним слідом	Товщина ущільненого шару, м, у ґрунтах	
			глинистих	піщаних
Пневматичні трамбівки			0,1–0,2	0,1–0,2
Котки: рівні		6–8	0,1–0,25	0,1–0,25
кулачкові		6–8	0,2–0,35	0,2–0,35
Пневмокотки вагою, кН:				
400		10–12	0,6	0,7
250		10–12	0,5	0,5
Навантажені автомашини:				
БелАЗ		10–12	0,6	0,7
КрАЗ		10–12	0,5	0,5
МАЗ		10–12	0,4	0,4
Трамбувальна машина Д-471		2–3	1,0	1,2
Вібротрамбівки підвісні		25–30*	0,6–0,7	0,7–0,8
Віброкотки вагою, кН:				
50		2–3	-	1,0
20		2–3	-	0,7
Котки вантажами вагою 8–17 кН, що падають		6–8	1,0–1,2	1,3–1,5
Віброплити самопересувні:				
SVP-631		3–4	-	0,5
BSD-63		3–4	-	0,8
Молот подвійної дії вагою 22 кН на металевій плиті		6–8	1,2	1,4
Екскаватори Е-10011, Е-1252 з трамбівкою діаметром $d=1,2$ м, вагою $Q=25$ кН	6–8	12–14	1,5–2	1,8–2,2
Те ж, $d=1,6$ м, $Q=35$ кН	6–8	12–14	2–2,3	2,3
Те ж, $d=1,8$ м, $Q=55$ кН	6–8	12–14	2,5	2,7–3,0
Те ж, $d=2,0$ м, $Q=60–70$ кН	6–8	12–14	3,2–3,5	3,5–3,8
Екскаватори Е-2503, Е-2505 із трамбівкою $d=2,4$ м, $Q=100$ кН	10–12	10–12	5–5,5	6,0
Те ж, $d=3$ м, $Q=150$ кН	10–12	8–10	7,0	8,0

\* – Час ущільнення (в секундах) за одним слідом для досягнення відповідного ущільнення.

### **3.2 Особливості розробки проектів виконання робіт при будівництві будівель на слабких водонасичених глинистих ґрунтах**

Технологічне проектування є невід'ємною частиною проектною документації. Виконання технологічних процесів передбачено на усіх стадіях створення проекту: техніко - економічне обґрунтування (стадія проект), робочої документації, виконання робіт. Окрім ПОБ, технологічне проектування включає: проект виконання робіт (ПВР); технологічні карти на складні процеси; карти трудових процесів; технологічні схеми виконання процесів які розробляються на основі (ПОБ).

За умови виконання послідовно стадії «Проект» та «Робоча документація» (двостадійне проектування), а також у випадках коли техноробочий проект виконується у одну стадію, але будівля чи комплекс будівель будуть будуватися на протязі декількох років, обов'язково розробляється проект організації на усе будівництво на стадії створення ПКД. Проект виконання робіт (ПВР) розробляється для будівлі у цілому, окремих циклів зведення будівлі, складних будівельних робіт. ПВР розробляється на етапі безпосередньо початку виконання даної роботи. Розробляє ПВР, як правило, будівельна організація, що буде виконувати дану роботу. У випадку якщо вона не може розробити проект то дану роботу може передати проектній або іншій організації, що має відповідну ліцензію на розробку ПВР.

Особливості розробки ПОБ та ПВР: проект організації будівництва розробляється на базі таких вихідних матеріалів:

- завдання на проектування даного об'єкта;
- матеріали інженерних вишукувань (при реконструкції та технічному переозброєнні об'єктів - матеріали їх перед проектного технічного обстеження) і дані режимних спостережень на територіях, які зазнають впливи несприятливих природних явищ і геологічних процесів;
- документи, що встановлюють строки будівництва (нормативні і

контрактні);

- рекомендовані генеральною підрядною та субпідрядною організаціями рішення щодо застосування матеріалів і конструкцій, засобів механізації будівельно-монтажних робіт, порядку забезпечення будівництва енергетичними ресурсами, водою, тимчасовими інженерними мережами, а також місцевими будівельними матеріалами;

- відомості про умови поставки та транспортування з підприємств-постачальників будівельних конструкцій, готових виробів, матеріалів і устаткування;

- спеціальні вимоги до будівництва складних і унікальних об'єктів;

- відомості про умови виконання будівельно-монтажних робіт на об'єктах реконструкції та технічного переозброєння;

- об'ємно-планувальні і конструктивні рішення будівель та споруд і принципів технологічних схем основного виробництва об'єкта, що будуватиметься (його черги), з розбивкою на пускові комплекси та вузли;

- відомості про умови забезпечення кадрами будівельників;

- відомості про умови забезпечення транспортом, в тому числі для доставки будівельників від місця проживання до місця роботи;

- дані про дислокацію та потужності загальнобудівельних та спеціалізованих організацій та умови її перебазування;

- дані про наявність виробничої бази будівельної індустрії і можливості їх використання;

- відомості про умови забезпечення будівельників харчуванням, медичним обслуговуванням, житловими, санітарно-побутовими та культурно-побутовими приміщеннями;

- заходи по захисту території будівництва від несприятливих природних явищ (зокрема, геологічних процесів), а також від можливих пожеж та етапність їх виконання;

- дані про забезпечення засобами пожежогасіння, в тому числі - первинними;

- дані про умови будівництва, що передбачаються контрактами з іноземними фірмами.

Склад і зміст проекту організації будівництва визначаються учасниками інвестиційного процесу в контракті на будівництво об'єкта з урахуванням його складності, умов будівництва, обсягів робіт та інших обставин.

Проект організації будівництва повинна розробляти генеральна проектна організація або, на її замовлення, інша проектна організація, що має ліцензію на цей вид проектування. Проект організації будівництва при реконструкції або технічному переозброєнні діючого підприємства розробляється за участю замовника.

Проект організації будівництва об'єкта повинен розроблятися на повний обсяг будівництва, передбачений проектом.

При будівництві об'єкта по чергах проект організації будівництва на окрему чергу повинен розроблятися з урахуванням здійснення будівництва на повний розвиток.

До складу проекту організації будівництва включаються:

а) календарний план будівництва, в якому визначаються терміни черговість будівництва основних і допоміжних будівель і споруд, технологічних вузлів і етапів, пускових або містобудівних комплексів з розподілом капітальних вкладень і обсягів будівельно-монтажних робіт на будівлях і спорудах та періодах будівництва.

Календарний план на підготовчий період складається окремо (з розподілом обсягів по місяцях);

б) будівельні генеральні плани на об'єкт або комплекс об'єктів для підготовчого і основного періодів будівництва, з урахуванням зведення підземних і надземних частин, з розташуванням: постійних будівель і споруд; місць розміщення тимчасових будівель і споруд, конструкцій, матеріалів і виробів; інженерних мереж, місць підключення тимчасових інженерних мереж до діючих мереж із зазначенням джерел забезпечення будмайданчика електроенергією, водою, парою, теплом; складських майданчиків; основних



монтажних кранів та інших будівельних машин; існуючих та тих, що підлягають знесенню, будівель, місць розміщення знаків закріплення розбивочних осей будівель та споруд; доріг, проїздів та під'їздів, місць розташування джерел протипожежного водопостачання, протипожежних засобів та первинних засобів пожежогасіння;

в) організаційно-технологічні схеми, що визначають оптимальну послідовність зведення будівель і споруд із зазначенням технологічної послідовності робіт;

г) відомість обсягів основних будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт, визначених проектно-кошторисною документацією, з виділенням робіт по основних будівлях і спорудах, пускових або містобудівних комплексах і періодах будівництва;

д) відомість потреби в будівельних конструкціях, виробках, матеріалах і устаткуванні з розподілом, по календарних періодах будівництва, яка складається на об'єкт в цілому і на основні будівлі і споруди виходячи із обсягів робіт і діючих норм витрат будівельних матеріалів;

е) відомість потреби в основних будівельних машинах і транспортних засобах по будівництву в цілому, складена на основі фізичних обсягів робіт, обсягів вантажоперевезень та норм виробітку будівельних машин і транспортних засобів;

ж) потреба в кадрах будівельників по основних категоріях;

з) пояснювальна записка, яка містить: характеристику умов та складності будівництва; обґрунтування методів виробництва і можливість суміщення будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт; заходи щодо охорони праці у відповідності з діючими нормативними актами; умови збереження навколишнього середовища; обґрунтування розмірів і оснащення майданчиків для складування матеріалів, конструкцій і устаткування; обґрунтування прийнятої тривалості будівництва.

Склад і зміст «Проекту організації будівництва» можуть мінятися з урахуванням складності і специфіки об'єктів, що проектуються, в залежності від

об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, ступеня уніфікації і типізації рішень, необхідності застосування спеціальних допоміжних споруд, пристосувань, пристроїв і установок, особливостей окремих видів робіт, а також у залежності від умов поставки на будмайданчик матеріалів, конструкцій устаткування.

Проект виконання робіт розробляється на базі таких вихідних матеріалів:

- завдання на розробку, яке видається будівельною організацією як замовником проекту виконання робіт, з обґрунтуванням необхідності розробки його на будівлю (споруду) в цілому, її частину або види робіт із зазначенням терміну розробки;

- проект організації будівництва;

- необхідна робоча документація;

- умови поставки конструкцій, готових виробів, матеріалів і устаткування, використання будівельних машин і транспортних засобів, забезпечення робочими кадрами будівельників основних професій, застосування бригадного підряду на виконання робіт, виробничо-технологічної комплектації і перевезення будівельних вантажів, а в необхідних випадках також умови організації будівництва і виконання робіт вахтовим методом;

- матеріали і результати технічного обстеження будівель та споруд діючих підприємств при їх реконструкції і технічному переозброєнні, а також вимоги до виконання будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт в умовах діючого виробництва.[17].

### **3.3 Контроль якості робіт з улаштування основ і фундаментів на слабких водонасичених глинистих ґрунтах**

Контроль якості робіт з улаштування основ і фундаментів є важливою складовою будівельного процесу, оскільки правильність виконання цих робіт

впливає на стійкість та безпеку будівлі.

Операційний контроль якості робіт з улаштування основ і фундаментів будівель та споруд передбачає перевірку:

- відповідності розбивочних осей та їх надійне закріплення;
- відповідності проекту підготовленої основи (щільність, вологість, однорідність ґрунту, рівність поверхні тощо);
- відміток дна виїмок у місцях улаштування фундаментів, заглиблених споруд, підпірних стін тощо;
- якості і відповідності проекту основи траншей (розміри, ухили та відмітки дна каналу, відсутність сміття, ступінь ущільнення ґрунту);
- положення у плані і відміток голів паль.

### **3.4 Особливості складання технологічних карт по влаштуванню фундаментів і штучних основ на слабких водонасичених глинистих ґрунтах**

Технологічна карта – один з основних документів проекту виконання робіт, яки включає комплекс інструктивних вказівок по раціональній технології і організації будівельного виробництва. Її задача сприяти зменшенню трудоміскості, покращенню якості і зниженню вартості буудівельно-монтажних робіт.

Технологічна карта складається із таких розділів:

1. Галузь застосування та технологічні вимоги.

К цьому розділу відносяться:

- характеристика конструкції, конструктивних елементів та їх частин, або частиин споруди згідно із завданням виконання і зведення яких передбачається технологічною картою;
- перелік (склад) основних видів робіт, що входять до технологічної карти;
- характеристика умов та особливості виробництва робіт відповідно до

завдання;

- вид будівництва;
- вказівки щодо прив'язки технологічної карти до конкретного об'єкта, місцевості та умов будівництва;
- число змін роботи на добу.

## 2. Організація та технологія будівельного процесу.

Вимоги будівельного маданчика перед початком виконання процесу щодо планування майданчика, прокладання комунікацій, влаштування тимчасових доріг та стоянок машин, огороження маданчика, освітлення, облаштування тимчасових побутових приміщень, протипожежних засобів, попереджувальних знаків, тощо.

## 3. Техніко-економічні показникии.

Економічність прийнятого рішення при розробці технологічної карти визначається техніко-економічними показниками. Базою для розрахунку техніко-економічних показників, що визначають ефективність прийятих в технологічній карті інженерних рішень, служить виробнича калькуляція витрат праці та машинного часу, а також графік виконання робіт.

## 4. Матеріально-технічні ресурси.

Машини та обладнання підбираються з урахуванням вітчизняного та зарубіжного досвіду, оцінки їх технічних параметрів і економічних показників. Кількість провідних машин комплекту, що виконують основний процес, визначається за плановими термінами виконання робіт та експлуатаційної продуктивності прийнятих засобів механізації. Кількість допоміжних машин призначається з умови, щоб їх спільна продуктивність була не менше продуктивності ланки провідних машин. Потреба в будівельних конструкціях, деталях, напівфабрикатах і матеріалах встановлюється за робочими кресленнями, специфікаціями або розраховується за фізичними обсягами та нормами витрати ресурсів.

## 5. Додатки.

К цьому розділу відносяться:

- технічні, габаритні та інші характеристики засобів механізації;
- характеристики та технічні дані навісного обладнання кранів, транспорту;
- конструктивні характеристики варіантів типових конструкцій;
- схеми стиків;
- перелік використаних стандартів.[18].

### **3.5 Особливості виконання робіт з влаштування залізобетонних паль в слабких водонасичених глинистих ґрунтах**

Палі у фундаментах застосовують здавна. Спочатку їх застосовували для ущільнення ґрунтів із метою підвищення несучої здатності основ, потім – як несучі елементи, що передають навантаження від плити фундаментів на ґрунт. Палі виготовляли з лісоматеріалів і забивали в ґрунт ручними молотами. Голови паль зрізали нижче рівня води, захищаючи їх від контакту з повітрям. У наш час застосовується понад 100 типів паль, які можна класифікувати за трьома найістотнішими ознаками:

- за особливостями передавання навантаження на ґрунт (палі-стояки, висячі, ущільнювальні, тертя);
- за способом заглиблення або влаштування паль у ґрунті (виготовлені заздалегідь і занурювані в готовому вигляді; виготовлені в проектному положенні; комбіновані);
- за матеріалом: дерев'яні, бетонні, залізобетонні, сталеві, комбіновані.

Класифікація паль за другорядними ознаками:

- за формою поперечного перерізу: круглі; багатогранні; квадратні; трубчасті; прямокутні; хрестоподібні; трикутні;
- за формою повздовжнього перерізу: циліндричні (призматичні); конічні; пірамідальні; із рифленою поверхнею.

- за різновидом діючого зусилля: стиснуті; розтягнуті; гнуті;
- за розташуванням у фундаменті: вертикальні; похилі.

За особливостями передавання навантаження на ґрунт найпоширеніші палі-стояки й висячі палі. Палі-стояки передають навантаження на ґрунт здебільшого нижнім кінцем на малостиснуті ґрунти (скельні, великоуламкові з піщаним заповнювачем, тверді глини). Висячі палі передають навантаження на будь-які ґрунти нижнім кінцем і внаслідок сил тертя по бічній поверхні.

Сталезалізобетонні палі застосовують значно частіше й становлять сталеву оболонку з бетонним заповненням. Ефективні в разі обпирання на міцні ґрунти. Діаметри оболонок – 426...1 422 мм, товщина стінок – 8...16 мм, монтажні ланки 6...10 м завдовжки, з'єднання – зварюванням.

Залізобетонні палі заводського виготовлення найширше застосовують у фундаментобудуванні. Їх виготовляють зі звичайного й попередньо напруженого залізобетону, застосовують у звичайних і суворих кліматичних умовах (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ). Різниця – у виконанні захисного шару й матеріалах – бетони, арматурі. Палі можуть бути нетріщиностійкими, тріщиностійкими й витривалостійкими. Арматурні каркаси палей – зварні та в'язані. Схема армування палі наведена на рисунку 3.1.

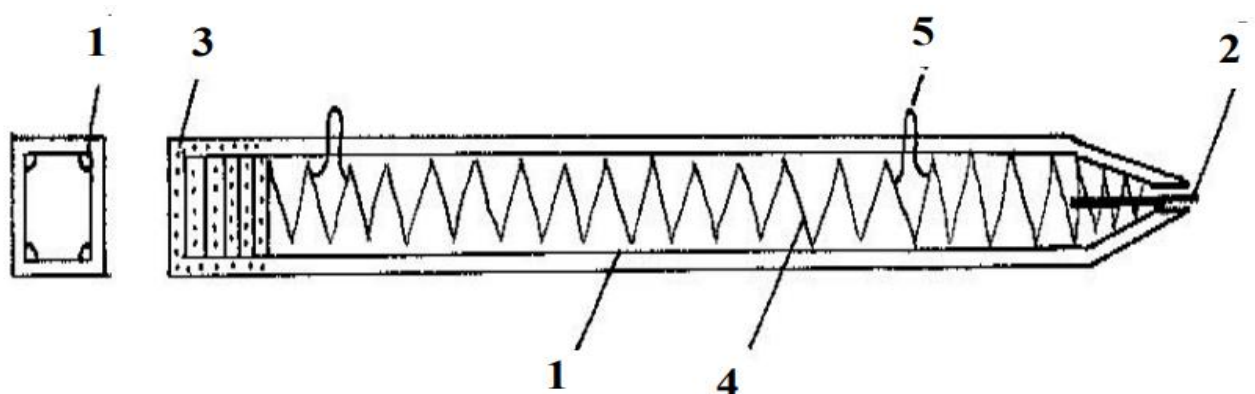


Рисунок 3.1 - Схема армування залізобетонної палі:

- 1 – повздовжня робоча арматура; 2 – стрижень вістря палі; 3 – зварні сітки;
- 4 – хомути у вигляді безперервної спіралі з різним кроком;
- 5 – стропувальні петлі

Залізобетонні палі можуть мати різний поперечний переріз (приклади

перетинів палей наведені на рисунку 3.2). Призматичні залізобетонні палі виготовляються в широкому асортименті для різних видів будівництва. Призматичні палі можуть бути як з вістрям, так і без нього.

У разі необхідності призматичні палі подовжують. Способи стикування палей такі: з улаштуванням зварного стику (див. рис. 3.2, а) і з улаштуванням стаканного стику (рис. 3.2, б).

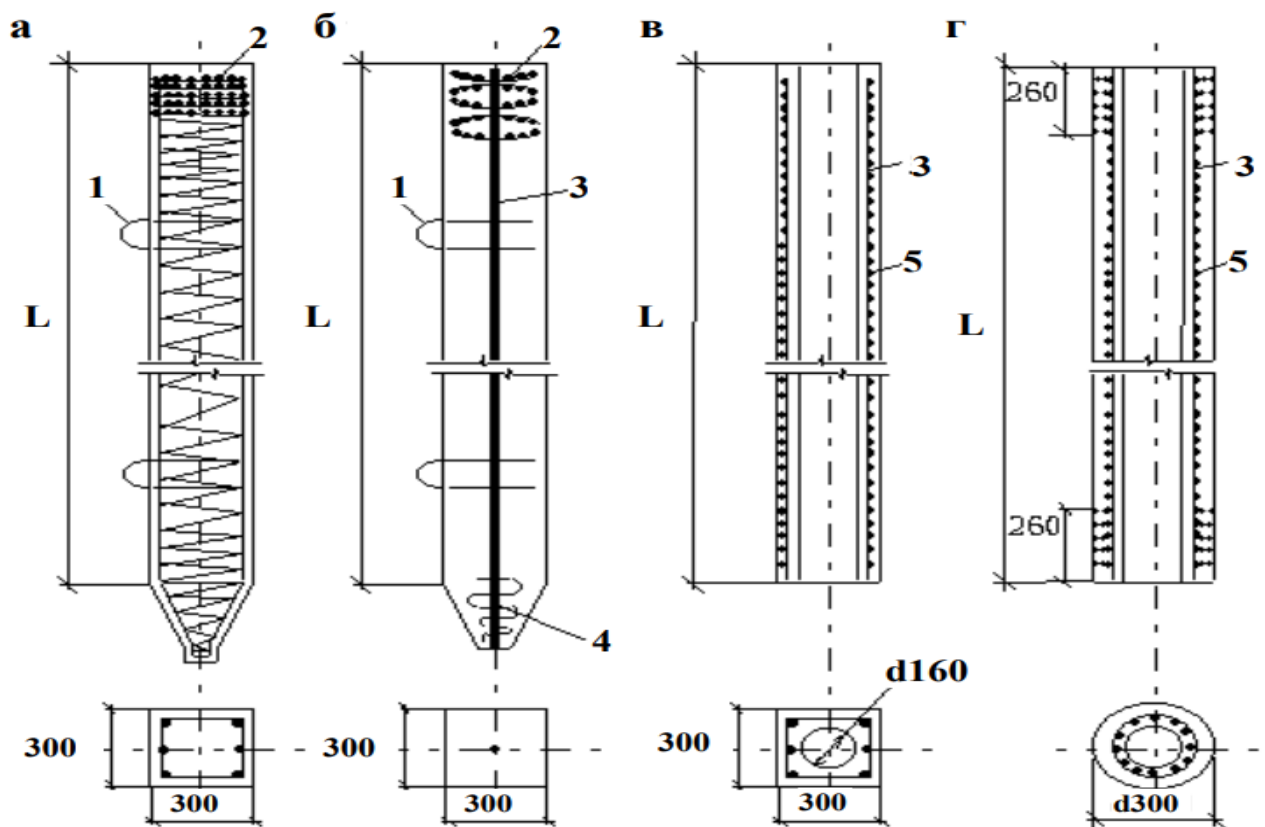


Рисунок 3.2 – Конструкція і перетин залізобетонних палей: а – призматична з поперечним армуванням стовбура; б – те саме без поперечного армування стовбура; в – те саме з круглою порожниною; г – порожниста кругла: 1 – стропальна петля; 2 – арматурні сітки голови; 3 – повздовжня арматура; 4 – спіраль вістря; 5 – поперечна спіральна арматура

Порожнисті круглі палі розподіляють так: – власне порожнисті круглі палі з діаметром 0,4; 0,6 і 0,8 м. Довжина секцій палей – 4...12 м з градацією через 2 м, товщина стінки – 8...10 см; – палі-оболонки з діаметром 1,2; 1,6 і 3,0 м, товщина

стінки – 12 см. Порожнисті круглі палі виготовляють із загостреним нижнім кінцем, оболонки – із відкритим нижнім кінцем.

Для занурення в оболонках зазвичай застосовують наконечник відкритої конструкції у вигляді ножа 4 варіантів залежно від ґрунтових умов. Ножі кріпляться зварюванням до повздовжньої арматури або болтами до стикових закладних частин ланки.

Для з'єднання секцій застосовують фланцево-болтовий стик і зварний стик. Фланцево-болтовий стик зручний для занурення оболонок під час їхнього нарощування. Після затягування болтів шов між фланцями заварюють. Зварний стик кращий під час укрупнювального збирання. Стик після зварювання в обох випадках омонолічують. Палі в зоні змінюваного зволоження й висихання, заморожування й відтавання заповнюють бетоном, щоб унеможливити руйнівну дію води.

Для заглиблення залізобетонних паль у нескельні ґрунти застосовують переважно спосіб віброзанурення.

Розрізняють низькочастотні (з циклічною частотою коливання менше 10 Гц) і високочастотні (з частотою понад 16,6 Гц) віброзанурювачі. Переваги способу – набагато менший динамічний і шумовий вплив, що уможливило застосування віброзанурення в міських умовах; можливість занурення палі великого діаметру на значну глибину. Варто також відзначити меншу ймовірність руйнування матеріалу палі під час занурення. Недоліками можна вважати велику затратність способу порівняно з забивним, оскільки необхідно влаштовувати додаткові конструкції і пристосування для занурення палі в проектному положенні.

Для заглиблення паль у міських умовах застосовують метод вдавлювання паль.

Переваги методу – занурювання паль відбувається із мінімальними енерговитратами; немає шумового впливу; висока точність занурення; можна визначити несучу здатність палі на підставі аналізу зусилля вдавлювання. Окрім того, спосіб застосовується для підсилення наявних фундаментів будівель і



споруд, коли необхідно вдавлювати малорозмірні складники палі в обмежених умовах (наприклад із підвалів будинків).

Недоліки способу – можна вдавлювати порівняно невеликі за перетином палі на незначну глибину.

У деяких випадках можна комбінувати застосування зазначених вище способів для занурення палі заводського виготовлення.

Способи виготовлення палі в проектному положенні розподіляються на такі два види:

а) бурові палі з витяганням ґрунту:

- влаштування палі шляхом обертального буріння з промиванням і утримуванням стовбура свердловини глиняним розчином;

- прохідний шнек - свердловина влаштовується за допомогою безперервного прохідного (порожнього) шнека;

- влаштування палі під захистом обсадних труб з витяганням ґрунту шнеками або спеціальним буровим інструментом, закріпленим на кінці телескопічної штанги;

- метод подвійного обертання. Свердловина буриться під захистом обсадної труби, що обертається, всередині неї в інший бік обертається порожнистий шнек;

б) набивні методи влаштування палі без вилучення ґрунту:

- із угвинчуванням порожнистої обсадної труби з башмаком, що втрачається. У процесі вилучення труби утворена в ґрунті порожнина заповнюється бетоном;

- із вібраційним зануренням обсадної труби з башмаком, що втрачається;

- із забиванням порожнистої обсадної труби з наконечником, що втрачається, і витяганням її вібратором;

- із угвинчуванням порожнистої бурової труби, оснащеної еліпсоїдним шнеком. Під час вилучення в порожнину труби під тиском подається бетонна суміш, що витісняє ґрунт зі свердловини (метод називають «палі витіснення»).

Забивають палі, чітко дотримуючись ПВР.

Основним роботам щодо забивання паль повинні передувати підготовчі роботи, які включають:

- відновлення осей фундаменту, меж будівельного майданчика, закріплення осей рядів паль на обноси;
- розроблення котловану, планування будмайданчика, організацію електроосвітлення та енергопостачання, влаштування водовідведення, шляхів підвезення, майданчиків складування конструкцій і матеріалів;
- підвезення й складування паль, перевірення паспортів та їхня відповідність маркуванню та проекту. У паспорті має бути зазначений завод-виробник, дата виготовлення. На палях фарбою позначають марку й дату виготовлення. Палі необхідно оглянути щодо відсутності неприпустимих пошкоджень.

## ВИСНОВКИ

Влаштування основ та фундаментів на слабких глинистих ґрунтах вимагає комплексного підходу, що включає глибокий геотехнічний аналіз, вибір оптимального типу фундаменту, ефективне застосування геотехнічних технологій, систематичний моніторинг та дотримання відповідних будівельних стандартів. Забезпечення стабільності та довговічності конструкцій у разі посилюється завдяки правильному вибору технічних рішень та постійному контролю над геотехнічними умовами під будівельним майданчиком.

В цій роботі, ми розглянули послідовність вивчення ключових процесів, таких як:

Аналіз методів будівництва споруд на слабких водонасичених ґрунтах. А саме:

- Особливі властивості слабких водонасичених пілуватоглинистих ґрунтів.
- Аналіз сучасних технологій будівництва основ і фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах.
- Сучасні технології влаштування піщаних подушок.
- Сучасні технології глибинного ущільнення слабких водонасичених ґрунтів.

Особливості технології влаштування основ і фундаментів при прибудові нових споруд до існуючих будівель на слабких ґрунтах. А саме:

- Аналіз причин деформацій існуючих будівель при прибудові до них нових споруд.
- Деформації існуючих будівель при будівництві поблизу них споруд на фундаментах мілкового закладення.
- Сучасні технології будівництва основ і фундаментів при прибудові будівель до існуючих.
- Аналіз технологій влаштування фундаментів при прибудові нових

споруд до існуючих.

- Особливості технології влаштування фундаментів поблизу існуючих будівель і розробки проекту виконання робіт.
- Розробка проекту виконання робіт при влаштуванні фундаментів мілкового закладення поблизу існуючих будівель.
- Застосування роз'єднувального шпунта як засобу захисту конструкцій існуючих будівель.
- Натурні дослідження впливу споруджуваного житлового будинку на осідання близрозташованих будівель на слабких водонасичених ґрунтах.

Особливості технології виконання робіт при влаштуванні основ і фундаментів будівель на слабких водонасичених глинистий ґрунтах. А саме:

- Влаштування котлованів в слабких водонасичених глинистих ґрунтах.
- Особливості розробки проектів виконання робіт при будівництві будівель на слабких водонасичених глинистих ґрунтах.
- Контроль якості робіт з влаштування основ і фундаментів на слабких водонасичених глинистих ґрунтах.
- Особливості складання технологічних карт по влаштуванню фундаментів і штучних основ на слабких водонасичених глинистих ґрунтах.
- Особливості виконання робіт з влаштування залізобетонних паль в слабких водонасичених глинистих ґрунтах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лесові породи на території України. Вікі-ЦДУ : матеріали сату. URL: <https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%97%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8> (дата звернення 16.09.2023)
2. Швець В.Б., Бойко І.П., Винников Ю.Л., Зоценко М.Л., Петраков О.О., Шаповал В.Г., Біда С.В. Механіка ґрунтів основи та фундаменти: підручник. Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. 231 с.
3. Класифікація піщаних та глинистих ґрунтів. види ґрунтів та їх характеристики характеристики стану пилувато глинистих ґрунтів. fondesco: матеріали сату. URL: <https://fondesco.ru/uk/klassifikaciya-peschanyh-i-glinistyh-gruntov-vidy-gruntov-i-ih-harakteristiki/> (дата звернення 16.09.2023)
4. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / Л. М. Шутенко та ін. Харків: ХНУМГ, 2017. 563 с.
5. ГБН В.2.3-37641918-544:2014. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. [Чинний від 01-01-2015]. Вид. офіц. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2006. 143 с.
6. Особливості армування ґрунтів вертикальними ґрунтоцементними елементами. фундаментбуд-3: матеріали сату. URL: <http://fb3.com.ua/ua/novini/osoblivosti-armuvannya.html> (дата звернення 16.09.2023)
7. Трубаєнко А.А., Бадьора Н.П., Коц І.В. Вибір та обґрунтування раціональних параметрів і характеристик робочого обладнання з гідроімпульсним приводом для укріплення слабких ґрунтів. удк 622.807.002.54(088.8), 2020. 3 с.

8. Піщані і ґрунтові подушки. StudFiles: матеріали сату. URL: <https://studfile.net/preview/5026064/page:56/> (дата звернення 16.09.2023)
9. Григоровський П.Є., Мурашова О.В. Розробка інформаційної моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови. *Будівельне виробництво*. 2020. № 69. С. 16-18.
10. Мурашова О.В., Григоровський П.Є., Червяков Ю.М. Науково-дослідний інститут будівельного виробництва. *Нові технології в будівництві*. 2019. №36. С. 4.
11. Якименко О. В. Сучасні методи влаштування паль та шпунтових обгороджень: навч. посіб. Харків : ХНУМГ. 2020. 118 с.
12. Титко О. В. Особливості влаштування паль різної довжини у фундаменті. Науково-технічний збірник “сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві”.2014. С. 76-77
13. Кейван В.П., Гудь М.І. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. *Закладання суміжних фундаментів промислових будівель: тези Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль 25-26 листопада 2020.)* Тернопіль, 2020. С. 76
14. Лозовский Д.А. Посилення залізобетонних конструкцій експлуатованих будівельних споруд: Навч. посіб. Новополоцк: 1998. 240 с.
15. Александрович В. А., Кобзар Ю. І., Гаврилюк О. В. Основи та фундаменти: Конспект лекцій. Харків: 2023. 111 с.
16. Костюченко М.М. Механіка ґрунтів: навч. посіб. Київ: 2013. 116 с.
17. Жван В. Д., Помазан М. Д., Жван О. В. Зведення і монтаж будівель і споруд: навч. посіб. Харків: 2011. 395 с.
18. Бабіч Є. Є., Кухнюк О. М., Поляновська О. Є. Технологічні карти у будівництві: навч. посіб. Рівне: 2018. 91 с.
19. Якименко О. В., Кіктьова К. О. Технічна експлуатація будівель та споруд: навч. посіб. Харків: 2019. 247 с.