

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

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень
реконструкції фундаментів житлових та промислових будівель

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1920-пцб-і
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)

Уаллад Хамза
(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н., Мішук К.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н., Данкевич Н.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2021

**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)
(другий (магістерський) рівень)
 Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(спеціальність)
 Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(спеціальність)
 Спеціалізація -
(спеціальність)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри промислового та
цивільного будівництва
проф. І.А. Арутюнян
 « » 20 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Уаллал Хамза

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Розробка та аналіз
конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів житлових
та промислових будівель

керівник роботи Мішук Катерина Миколаївна, доц., к.т.н.

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

затвержені наказом ЗНУ від « » 20 року №

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи грудень 2021 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи технологія реконструкції
фундаментів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, розділ 1 – аналіз зумовленості та факторів вибору
технологій підсилення фундаментів, розділ 2 – аналіз технологій
реконструкції фундаментів, розділ 3 – визначення використання сучасних
технологій реконструкції фундаментів в умовах просадочних ґрунтів, розділ
4 – охорона праці та техногенна безпека. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Від восьми графічних аркушів формату А1

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання прийнято
Розділ 1	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 2	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 3	Мішук К.М., доц. кафедри		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Розділ 1		
2	Розділ 2		
3	Розділ 3		

Студент Уаллал Хамза
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) Мішук К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Данкевич Н.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Уаллал Хамза Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів житлових та промислових будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2021.

У світовій практиці за останні десятиліття інтенсивними темпами розвивається будівництво житлових та виробничих будівель, транспортне будівництво. Зростає поверховість будівель, освоюється підземний простір великих міст. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження нових технологій у влаштуванні фундаментів.

Одна з найбільш складних проблем у фундаментобудуванні – їх зведення у слабких просадочних ґрунтах.

Можна виділити два основних напрямки вирішення завдань будівництва на просадних ґрунтах – поверхневе або глибинне зміцнення масиву з метою усунення просадності та застосування пальових фундаментів.

Перший напрямок включає такі технології: силікатизація, смолізація, глинізація, бітумізація шляхом насичення товщі просадного ґрунту ін'єктуванням під тиском відповідних сумішей; поверхневе або глибинне замочування, у тому числі і гідровибухами; термічну. Такі технології можуть застосовуватися для споруджуваних споруд, а також аварійних будівель, що реконструюються.

Другий напрямок в даний час досить освоєний і займає лідируючу позицію при монолітному будівництві та висотному будівництві будівель і споруд залежно від інженерно-геологічних умов майданчиків будівництва, а іноді і від конструктивних особливостей будівель і технічного стану поблизу розташованих будівель у певному обсязі застосовують пальові фундаменти.

При цьому можуть бути влаштовані як забивні пальові, так і різні види набивних та бурових паль. В основному це фундаменти із забивних паль, хоча в ряді випадків застосування набивних та буронабивних паль дає найбільший ефект.

Ефективність застосування будь-якого способу посилення основ і фундаментів залежить від обґрунтованого вибору та реалізації технології. Всі інженерні геотехнічні завдання повинні бути вирішені на основі вичерпної інформації про ґрунти, зміни їх властивостей у процесі тривалої експлуатації, в процесі ведення робіт з улаштування поблизу них нових фундаментів з урахуванням застосовуваних технологій.

Ключові слова: ГРУНТОВИЙ МАСИВ, ДЕФОРМАЦІЇ, МЕТАЛЕВА ОБОЙМА, МОНОЛІТНІ ФУНДАМЕНТИ, НАБИВНІ ПАЛІ, БУРО-ІН'ЄКЦІЙНІ ПАЛІ, ГРУНТОВІ ВОДИ.

Список публікацій магістранта:

1. Уаллал Хамза, Мішук К.М. Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів житлових та промислових будівель. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених, 19-21 жовт. 2021р. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. С. 431-433.

ABSTRACT

Wallal Khamza Development and analysis of constructive and technological solutions for the reconstruction of foundations of living and industrial buildings.

Qualitative graduate work for improving the level of education of the master for specialty 192 Business and civil engineering, scientific advisor K.M. Mishuk. Institute of Science and Technology by Y.M. Potebni of the Zaporizka National

University, Department of Industrial and Civil Constructions, 2021.

During the last ten years, in the light of practice, the economy of living and entertainment, transport and transportation is developing at an intensive pace. Growing up the surface of the future, mastering the vastness of the great places. In connection with the winery, there is a need for the introduction of new technologies at the foundation of the master.

One of the most common problems for the foundation is that of weak subsidence soils.

You can see two main straight lines of development of the building on the subsiding ground - the surface or the surface of the green massiv with the mark of the subsidence of the palm foundations.

The first directly includes such technologies: silikatization, resinification, clayization, bitumization by way of the way of making the comrades of the sagging runt under the grip of the summaries; the surface is not soaked, including hydroexplosions; heat treatment. Such technologies can be used for construction projects, as well as emergency projects that are being reconstructed.

Other way is famous and takes top position at monolit building and construction and depends of engineering- geology minds square of builds. At the same time, there can be used both hammering and hammering fingers, as well as different types of hammering and drilling fingers. In the main basement of the hammered fingers, I want, in the row of the dropping fingers, the most effective effect.

The efficiency of any method of strengthening the foundations and foundations is to lay down in the form of a coated vibration and the implementation of technology. All geotechnical engineering directives are responsible for the revision based on the latest information about the government, the changes of the authorities in the process of trivial exploitation, in the process of fundamental development of the process of improving the technology

Key words: RUNTOVY MASIV, DEFORMATION, METAL CASE,

MONOLITNI FUNDAMENTI, NABIVNI PALI, BURO-IN'KTSIINI PALI,
RUNTOVI WATER.

List of publications of the master student:

1. Wallal Khamza, Mishuk K.M. Development and analysis of constructive and technological solutions for the reconstruction of the foundations of living and industrial buildings. Relevant nutrition of the current scientific and technical and social and economic development of the regions of Ukraine: materials of the 1st All-Ukrainian scientific and practical conference for health education, graduate students and young men, 19-21 2021 RUR Zaporizhzhya: Zaporizhzhya National University, 2021, pp. 431-433.

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1.	АНАЛІЗ ЗУМОВЛЕНОСТІ ТА ФАКТОРІВ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ	11
1.1	Аналіз факторів вибору технологій реконструкції фундаментів	11
1.2	Аналіз технологій реконструкції фундаментів зміною поверхні підшви	14
1.3	Аналіз технологій реконструкції фундаментів улаштуванням зони підвищеної міцності	24
2	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАЛЬ	27
2.1	Аналіз технологій улаштування набивних паль	27
2.2	Аналіз технологій улаштування буронабивних паль	29
2.3	Аналіз технологій виготовлення ґрунтоцементних (ґрунтобетонних) паль	34
2.4	Аналіз технологій виготовлення набивних паль з використанням електричних розрядів	37
2.5	Аналіз технологій улаштування буроін'єкційних паль	40
2.6	Аналіз струменевої і струменево-змішувальної технологій виготовлення паль	46
3	ВИЗНАЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКОНСТРУКЦІЙ ФУНДАМЕНТІВ В УМОВАХ ПРОСАДОЧНИХ ҐРУНТІВ	56
3.1	Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень	56

	реконструкції фундаментів	
3.2	Використання технології підсилення фундаментів ґрунтозміщувальними способами	58
3.3	Технології підсилення фундаментів формуванням плями закріпленого ґрунту під подошвою	69
3.4	Технології підсилення фундаментів палями вдавлювання	74
3.5	Технології підсилення стовпчатих фундаментів перенесенням частини навантаження від колони на додаткові опори	80
3.6	Розроблення і аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів буроін'єкційними паями	83
3.7	Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів	85
	Висновки	90
	Список використаних джерел	92

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Фундаменти будівель та споруд багато в чому визначають безпеку експлуатації будівельних об'єктів на агломераційних територіях. Наразі актуальними є питання модернізації, реконструкції будівель, капітального ремонту, реновації існуючого житлового фонду. Реконструкція часто включає збільшення поверховості, зміна функціоналу об'єктів і пов'язане з цим зміна навантажень на ґрунтові основи. Причинами для проведення ремонтних робіт є не лише моральне зношування, а й фізичне старіння, пов'язане з деструкцією матеріалу фундаментів, зміною властивостей основ, помилками на етапах досліджень, проектування, будівництва, експлуатації.

В даний час у будівництві та реконструкції використовуються різні геотехнічні способи та технології. За рахунок їх загального розвитку зсув відбувається у бік використання нових прогресивних технологій, включаючи ін'єкційні та струменеві способи закріплення ґрунтів та покращення їх структури. Висока ефективність даних методів часто межує з певними, причому, суттєвими недоліками, до яких можна віднести: складність контролю зон підсилення основ; суттєвий розкид по масиву характеристик міцності та деформативності; ненадійний прогноз моделювання основи під експлуатаційні навантаження. Оскільки посилення основ та фундаментів, як правило, найвідповідальніша і при цьому витратна частина реконструкції, рішення щодо вибору способу та технології має підлягати всебічній оцінці.

Аналіз деформацій будівель, що відбулися в процесі реконструкції свідчить про недосконалість методичних підходів до проектування основ та фундаментів будівель, що реконструюються та відновлюються, особливо в тих випадках, якщо ґрунтова товща складена слабкими глинистими та техногенними ґрунтами.

У ряді випадків аварії та деформації, що реконструюються та примикають до них будівель сталися через недостатньо обґрунтовані технічні рішення щодо посилення фундаментів, зміцнення основ, а також неправильних даних при проведенні інженерно-геологічних досліджень ґрунтів основ та технічного обстеження будівель.

Аналіз будівель, що реконструюються і примикають до них, показав, що необхідно розробити нові технології виконання робіт і вдосконалити методи проектування та реконструкції фундаментів будівель, що реконструюються, на слабких глинистих і насипних ґрунтах, що забезпечують зниження трудовитрат, економію матеріальних та фінансових ресурсів.

Тому вдосконалення та розробка методів виконання робіт з влаштування основ і фундаментів будівель, що реконструюються, на слабких ґрунтах у обмежених міських умовах є актуальною проблемою для сучасного будівництва.

Мета роботи. На основі аналізу технологічних вирішень виявити перспективні напрямки зведення нових та підсилення існуючих фундаментів, обґрунтувати можливості доцільності використання в будівельній та ремонтній практиках найбільш перспективних способів.

Для досягнення поставленої мети сформовані наступні **задачі** :

1. Вивчити властивості слабких ґрунтів основ і причини необхідності підсилення існуючих фундаментів.
2. Виявити особливості технологічних процесів влаштування і підсилення фундаментів будівель на слабких просадочних ґрунтах.
3. Визначити можливість застосування відомих технологій зміцнення основ ґрунтів та підсилення фундаментів в умовах Запорізького регіону.
4. Проаналізувати технологічність відомих способів влаштування і ремонту фундаментів.
5. Дати оцінку перспективності розвитку технологій монолітного і

пальового зведення нових й можливостей пальових варіантів для підсилення існуючих фундаментів в умовах просадочних ґрунтів.

6. Зробити висновки і дати рекомендації щодо можливих шляхів вирішення недоліків ефективності технологій зведення нових і ремонту існуючих фундаментів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що:

- обґрунтовано технологічні регламенти, комплекти машин та механізмів, що забезпечують якісне зведення основ та фундаментів будівель, що реконструюються;

- встановлена залежність зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів в основах будівель на слабких ґрунтах від терміну експлуатації та діючих навантажень;

- запропоновані технологічні та конструктивні заходи щодо посилення фундаментів, зміцнення основ реконструйованих та нових будівель на слабких ґрунтах.

Практичне значення роботи полягає в наступному:

- встановлені ефективні способи занурення паль вдавлюванням під фундаментами будівель, що реконструюються на слабких ґрунтах;

- запропоновано комплекс конструктивних та технологічних рішень, що дозволяють знизити матеріальні, трудові та економічні витрати;

- розкрито технологічні вимоги, що визначають якість влаштування підземних частин реконструйованих будівель;

- розроблено пропозиції щодо ефективного проектування виконання робіт при реконструкції будівель у слабких ґрунтах.

Методи дослідження включали загальнологічні - аналіз, узагальнення, аналогія та абстрагування; емпіричного дослідження - спостереження, експеримент, опис, вимірювання та порівняння; теоретичні - ідеалізація та формалізація, а також систематизації наукових знань - типологізація та

класифікація стосовно теорії та практики побудови організаційно-технологічних моделей.

Результати роботи. Здійснено аналіз і оцінка найбільш відомих в вітчизняній і зарубіжній практиці технологічних вирішень з влаштування нових і підсилення існуючих фундаментів; визначені особливості технологічних процесів, можливості й перспективи їхнього використання в умовах Запорізького регіону. З числа відомих технологій стосовно нового будівництва до числа перспективних можуть бути віднесені монолітні бетонні або цементо-грунтові фундаменти, буронабивні і цементо-грунтові пальові. Для підсилення існуючих фундаментів визначені переваги мають буроін'єкційні, ґрунтозмішувальні, палі вдавлювання, а також часткове розвантаження колон.

Апробація роботи. Основні положення роботи докладалися в 2021 році на I Всеукраїнській науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», (Запоріжжя, 2021р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Робота складається із введення, чотирьох розділів, висновків, загальних висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Основною темою текст викладено на ____ сторінках, з них ____ малюнків, ____ таблиць, та містить списки літератури зі ____ найменування праць вітчизняних та зарубіжних авторів.

1 АНАЛІЗ ЗУМОВЛЕНОСТІ ТА ФАКТОРІВ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ

1.1 Аналіз факторів вибору технологій реконструкції фундаментів

Необхідність проведення реконструкції фундаментів зумовлюють декілька факторів:

- зміна навантаження на фундамент, яке зумовлює недостатність несучої здатності у зв'язку із зростанням під його подошвою напружень критичної величини;
- погіршення характеристик ґрунтів основ при їхньому замочуванні ґрунтовими або техногенними водами та втратою несучої здатності;
- погіршення стану та підвищення ступеню зношування фундаменту.

Важливими параметрами, які визначають несучу здатність будівлі, являється показник головного параметру – осідання фундаменту, яка може виникнути по одній з наведених причин. Особливу небезпеку при цьому становлять неоднорідні втрати несучої здатності ґрунтами в окремих зонах, що стає причиною нерівномірного просідання будівель та їхньої деформації, появи пошкоджень стінового огородження.

Підвищення несучої здатності фундаментів як одного з основних конструктивних елементів будівель проводять декількома технологічними та конструктивними заходами. Їхній вибір визначається умовами експлуатації будівлі, надійністю реконструкції, технічним станом фундаменту та будівлі в цілому, умовами виконання робіт, врахуванням економічних та соціальних факторів.

Серед нижче названих зумовленостей реконструкції, останній, погіршення фізичного стану, являється характерним для будівель старовинних споруд певної поверховості. Для нашого регіону такий варіант практично немає місця, і тому не потребує детального аналізу.

В процесі тривалої експлуатації будівель і споруд відбуваються деформації конструкцій, основними причинами яких є нерівномірні осідання і результатами яких є тріщиноутворення та руйнування самих фундаментів, стін, колон, перекриттів.

Далматов Б.Ч. [4] запропонував наступну класифікацію причин, які викликають необхідність підсилення фундаментів:

- збільшення навантаження на фундаменти;
- руйнування кладки фундамен тів або зниження його гідроізолюючих властивостей;
- погіршення умов стійкості фундаментів або ґрунту в їх основі;
- збільшення деформативності ґрунтів;
- безперервний розвиток неприпустимих переміщень конструкцій.

Усі перераховані причини, а також порушення технологічних вимог при новому будівництві поблизу існуючих будівель мають місце в умовах функціонування промислових, цивільних і житлових будівлях та споруд.

Ефективними заходами попередження появи і розвитку деформацій є підсилення фундаментів.

Вибір технології підсилення фундаментів залежить від категорії стану будівлі. Основоположними при виборі технології підсилення є фактори, пов'язані з конструктивними особливостями будівлі, характером наявних процесів в цій будівлі, поляганням основи ґрунту, технічною осначеністю організацій, що здійснюють роботи.

Технологічне оснащення, що є на сьогодні, дає можливість, практично, всі варіанти підсилення фундаментів виконувати технологічно, швидко, надійно, максимально механізованим способом.

В усіх варіантах запропонована технологія повинна забезпечити надійну тривалу експлуатацію будівлі, повинна враховувати питання економіки, екології, безпеки ведення робіт, виключати негативний вплив на сусідні споруди і несприятливий вплив на життєдіяльність людей.

При ослабленні фундаментів до 20% міцності по всій їх товщині застосовують технологію ін'єкції в тіло фундаменту цементних, полімерцементних і інших розчинів.

Технологічний процес підсилення фундаментів з крупного бутового каменя включає:

- 1) улаштування шурфів уздовж фундаменту;
- 2) пробивку або свердлення отворів;
- 3) закладку ін'єкторів у вигляді зігнутих трубок діаметром 25 міліметрів (рисунок 1.1);
- 4) обв'язку ін'єкторів гумовотканевими рукавами нагнітання розчину складу 1:1;
- 5) демонтаж системи рукавів, що підводять до ін'єкторів;
- б) зворотна засипка шурфів. Ін'єктори в тілі фундаменту розташовують в шаховому порядку з кроком 0,5...1 метр.

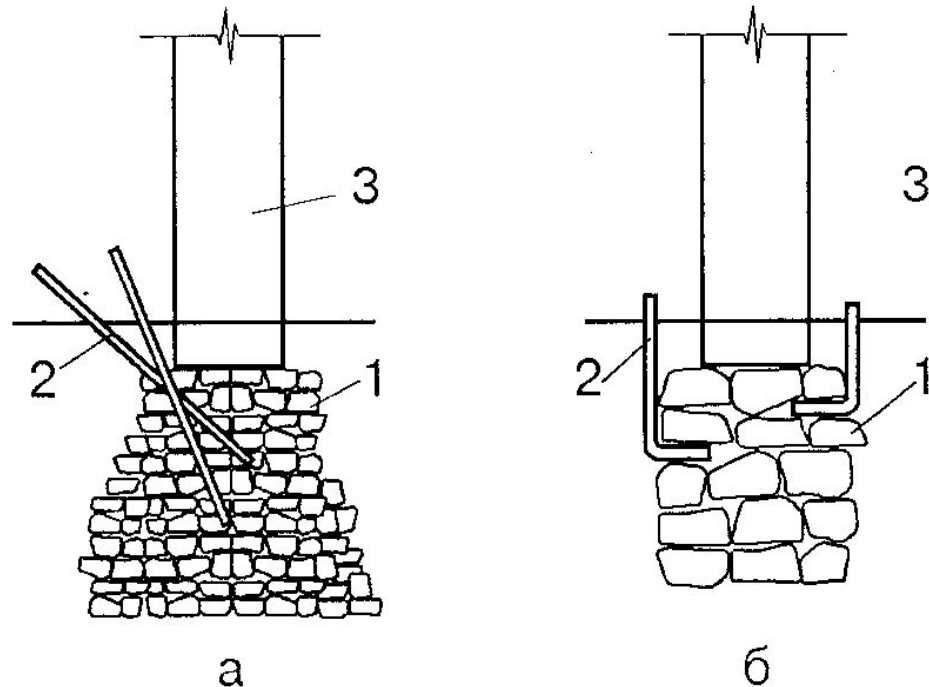
У Запорізькому регіоні практично відсутні будівлі стародавньої забудови, тому технології зміцнення фундаментів ін'єктуванням не аналізуються.

Технологія ін'єктування придатна для бутових конструкцій фундаментів і не усуває просілости будівель.

Усі традиційні технології підсилення фундаментів зводяться до декількох варіантів:

- збільшення площі подошви існуючих фундаментів і, відповідно, зменшення інтенсивності тиску на ґрунти основи;
- улаштування під існуючим фундаментом нового, більшої площі;
- підсилення прикладанням до старого фундаменту елементів

розширення з штучних матеріалів (бутовий камінь, цегла, бетонні блоки) на цементних або цементполімерних розчинах.



а) за допомогою ін'єкторів; б) за допомогою трубок;

1 – підсилюваний фундамент; 2 – ін'єктори; 3 – існуючий фундамент

Рисунок 1.1 – Схема підсилення фундаментів цементациєю

1.2 Аналіз технологій реконструкції фундаментів зміною поверхні підшви

Збільшення підшви фундаменту технологічно вирішується шляхом на бетонування додатковими шарами з армуванням, улаштуванням залізобетонних або металевих обойм, підведенням під основу залізобетонних плит та іншими заходами.

В технологіях розширення підшви фундаментів слабким місцем є небезпека можливого випирання ґрунту при відкопуванні виїмки (рис. 1.2). З

цієї причини розширення підосви без попередньої опресовки може виявитися малоефективним.

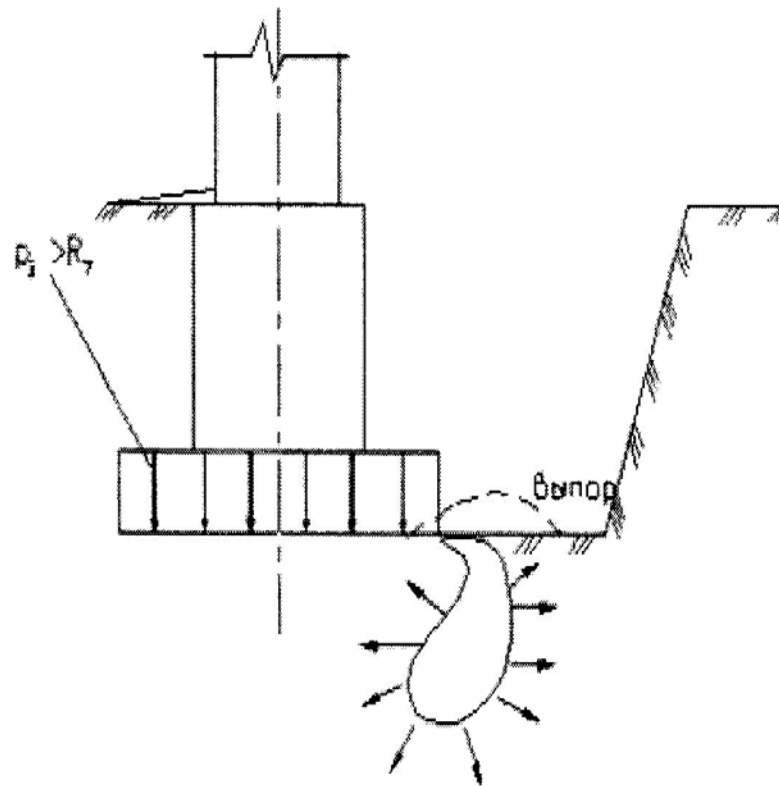
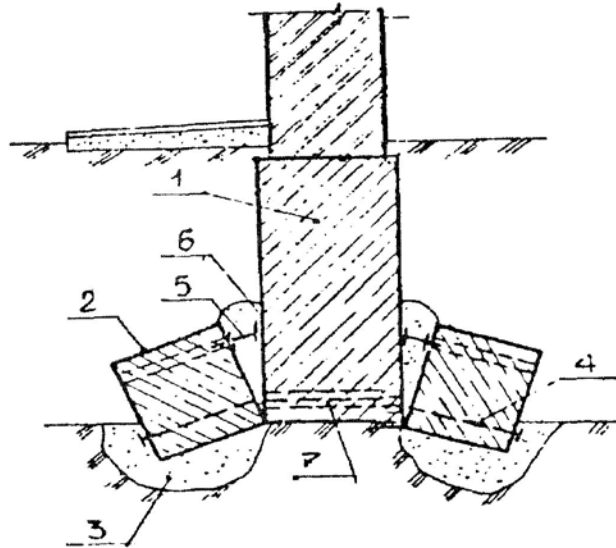


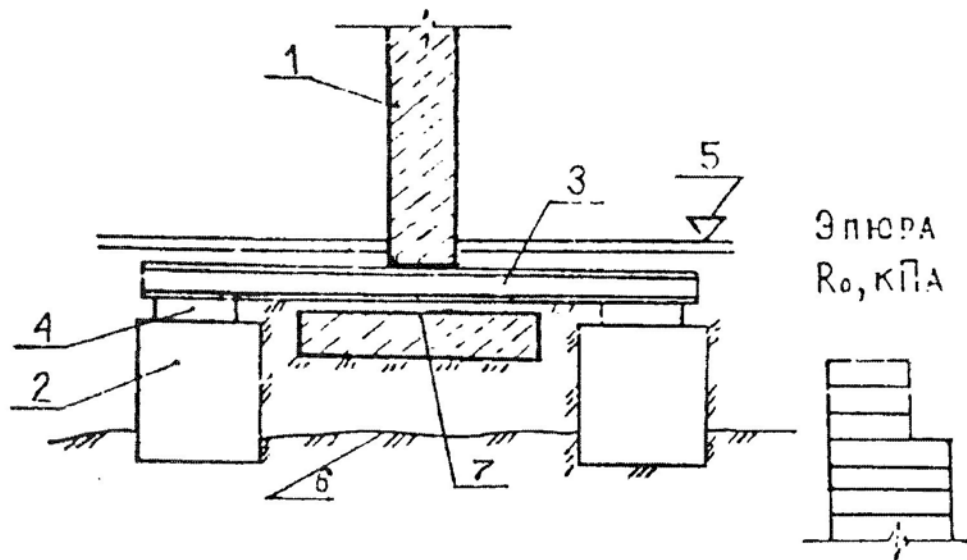
Рисунок 1.2 - Можливе випирання ґрунту при відкопуванні траншеї до підосви існуючого фундаменту (при підсиленні з використанням традиційних технологій)

Запропоновано метод опресовування ґрунту основи під розширення. Для цього з двох сторін старого фундаменту встановлюють додатково збірні залізобетонні блоки. Нижню частину цих блоків стягують анкерами з арматурної сталі (рис. 1.3), а верхню розсовують за допомогою домкратів. В результаті повороту блоків з'являється можливість обжати переущільнений ґрунт, після чого його можна включити в роботу під розширенням.



1 – існуючий фундамент; 2 – елементи розширення опорної площі; 3 – зони обжатої ґрунту основи; 4 – затягування; 5 – пристрій для віджимання елементів підсилення; 6 – бетон з дрібного заповнювача; 7 – отвір, що заповнюється рідким цементним розчином

Рисунок 1.3 - Збільшення опорної частини збірними елементами з обтисканням ґрунту основи



1 – монолітний стрічковий фундамент; 2 – додаткові опори – фундаменти; 3 – металеві балки підсилення; 4 – підкладки; 5 – відмітка підлоги підвалу; 6 – шар ґрунту з найбільшою несучою здатністю; 7 – отвір в фундаменті стіни

Рисунок - 1.3 а Підведення нових елементів з ослабленням фундаментної стіни

Характер осадження значно впливає на просторову жорсткість каркасу будівлі (стін). Жорсткість стін залежить від геометричних характеристик, таких як відношення L довжини і висоти H . Цей показник приймається стандартами для початкового у визначенні коефіцієнта робочих умов будівлі при розрахунку тиску на підшву фундаментів. Жорсткість будівлі має вирішальне значення при виборі методу реконструкційних робіт. Отже, в середньому $L/H=2,5$ масової забудови будівлі, коли в процесі реконструкції будуються старі будівлі фундаменту L/H – скорочено до 1,5 або менше, що збільшує тиск на основу на 20%. У той же час, збільшується довготривала жорсткість стін.

Збільшення несучої здатності фундаменту як одного з основних конструктивних елементів будівель можливе за допомогою декількох технологічних і конструктивних прийомів. Проектування підсилення фундаментів експлуатованих, а також реконструйованих будівель набагато складніше у зв'язку з необхідністю врахувати умови експлуатації будівлі, причини появи різних деформацій, стиснені умови виконання робіт.

Методи зміцнення і відновлення фундаментів передбачають відновлення несучого потенціалу; підсилення за рахунок збільшення площі підшви; підведення під існуючі основи таких збірних конструктивних елементів, як плити, стовпи, палі; підсилення буроін'єкційними кореневидними палями та інших технологій. Кожний варіант технічного та технологічного рішення повинен бути адаптований до конкретних умов реконструйованого будинку за результатами обстежень.

При значному руйнуванні матеріалу фундаменту, останній береться в хомут без уширення підшви. В якості обойми бувають металеві рами у вигляді кутів або арматури, які згодом обетонюються.

При збільшенні навантаження на фундамент і недостатній несучій здатності, виготовляються обойми з уширенням підшви фундаменту.

Варіанти дослідження і технологія виробництва залежать від конкретних умов площадки.

Підведення паль під подошву фундаменту здійснюється у випадках, коли на невеликій глибині закладання фундаменту неможливо його уширення. Як правило, в цьому випадку використовуються збірні палі.

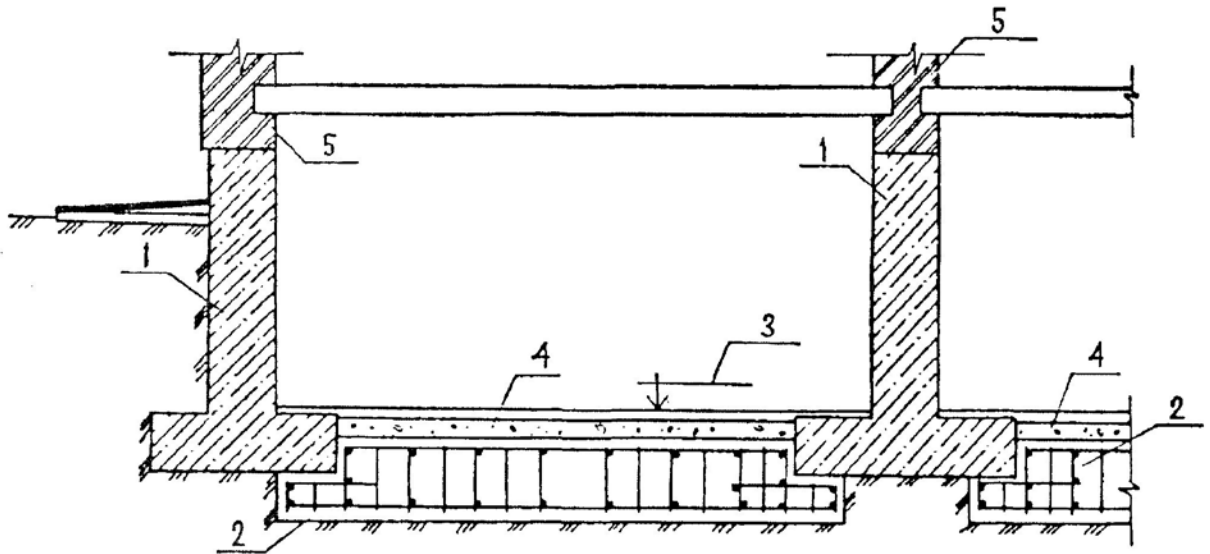
Зміцнення буро набивними палями виконується зі значним збільшенням навантажень і великою товщею слабких ґрунтів основ.

Влаштування кореневидних буроін'єкційних паль виконується, якщо неможливо частково демонтувати і зміцнити фундаменти в тісних умовах будівництва, при значному збільшенні навантажень і наявності слабких ґрунтів основ.

Технологія підсилення фундаментів підведенням конструктивних елементів або заміною передбачає наступний цикл робіт. В місцях підведення конструктивних елементів під фундаменти відриваються виїмки на всю проектну глибину і ширину елементів, що підводяться.

Після цього укладають на ґрунт арматуру і бетонну суміш. Опускають підсилюючу конструкцію і за допомогою домкратів переміщують конструкцію під фундамент з подальшою зачеканкою цементним розчином порожнини між існуючим фундаментом і підсилюючим елементом. Роботи завершуються зворотною засипкою з ущільненням ґрунту пневмо- або електротрамбівками.

У такий спосіб виконуються роботи по всій довжині фундаментів з певними інтервалами, які встановлюють залежно від ґрунтових умов і можуть бути 2...3метра. Схеми підведення конструктивних елементів відрізняються різноманітністю варіантів, зокрема згідно рисунка 1.3.

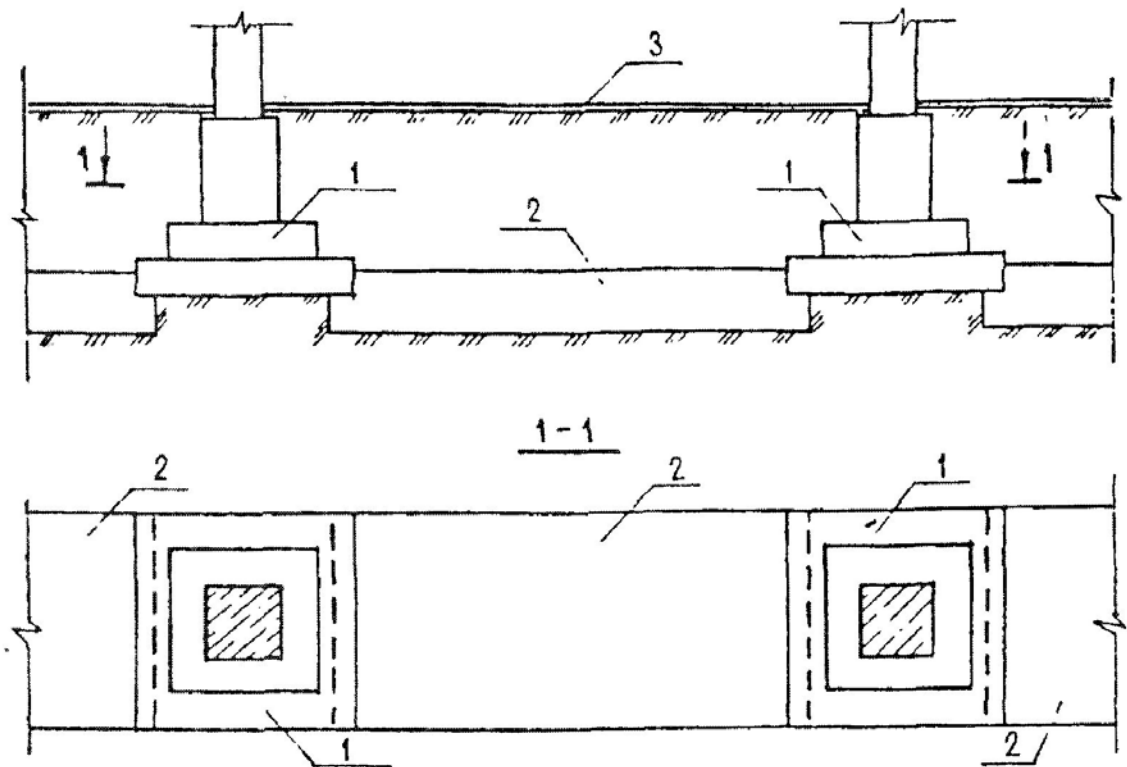


1 – існуючий фундамент; 2 – суцільна (або переривиста) плита; 3 – відмітка поверхні підлоги підвалу; 4 – ущільнений крупний пісок; 5 – цегляна стіна

Рисунок 1.4 - Улаштування суцільної (переривистої) плити знизу подушок

При підсиленні стовпчастих фундаментів можливе їх перевлаштування в стрічкові (рис. 1.5), а стрічкових – в плитні (рис. 1.6). У цих варіантах технологічний процес включає риття виїмок із забезпеченням стійкості стінок за рахунок відповідних укосів або додаткового кріплення щитами.

Ширина виїмок перевищує проектну ширину подошви існуючого фундаменту на 1,2 метра. Потім після зачистки виїмки укладають опалубку, арматуру і бетон. Після досягнення бетоном заданої міцності в $0,7 R_{пр}$ розбирають опалубку і проводять зворотну засипку з ущільненням ґрунту.

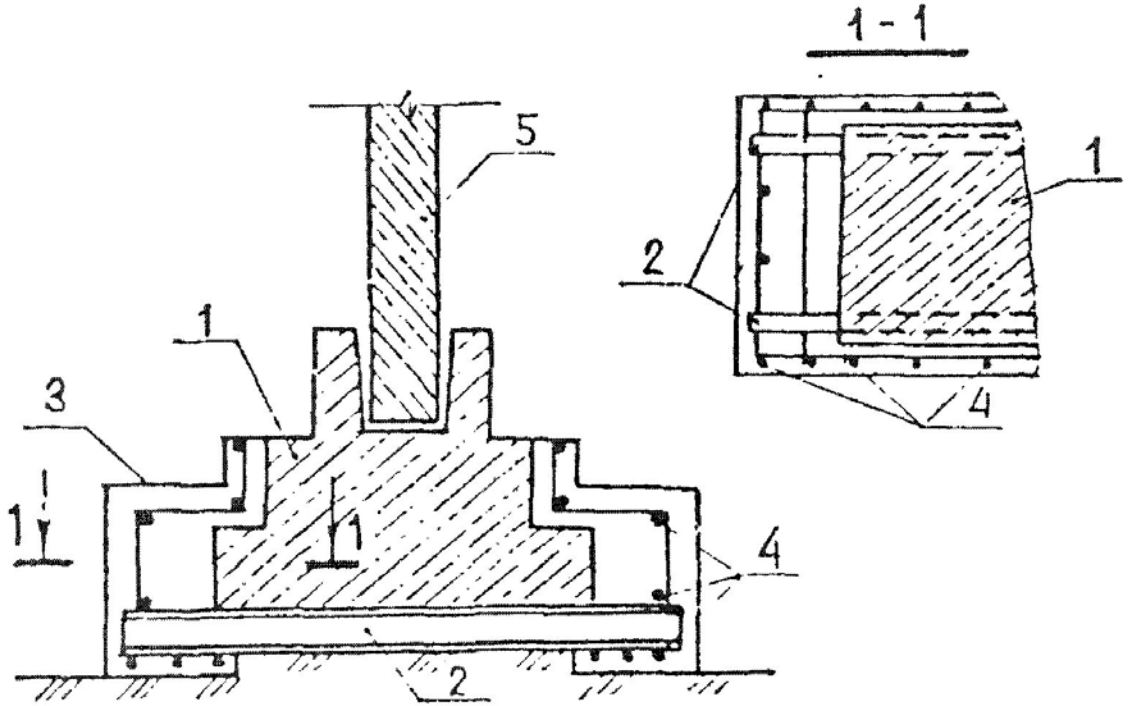


1 – існуючі стовпчасті фундаменти; 2 – залізобетонні перемички; 3 –
поверхня підлоги

Рисунок 1.5 - Улаштування перемичок знизу опорних плит фундаментів

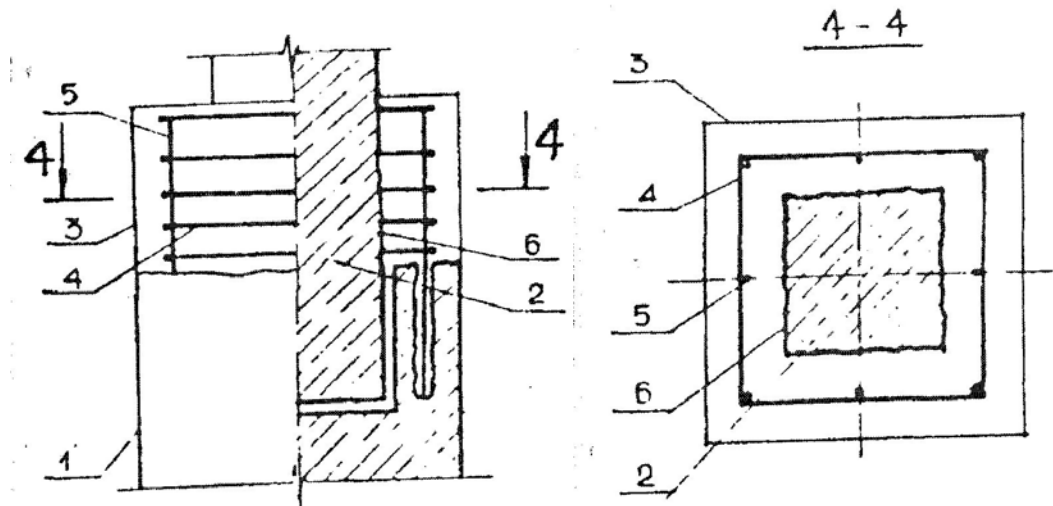
Роботи по перевлаштуванню фундаментів виконують окремими захватками, зазвичай рівними кроку колон. Для скорочення загальної тривалості роботи виконують одночасно з інтервалами між захватками.

Підсилення фундаментів в цілях попередження просідання виконується із застосуванням технологій, направлених на збільшення опорної площі, тобто розширення їх підшви шляхом улаштування додаткових елементів і скріпленням з існуючими конструкціями. Розширення стрічкових фундаментів виконується як з однієї, так і з двох сторін, фундаментів стаканного типу – двостороннє або по всьому периметру.



1 – підсилюваний залізобетонний фундамент; 2 – металеві балки; 3 – приливи з бетону; 4 – арматура підсилення; 5 – залізобетонна колона

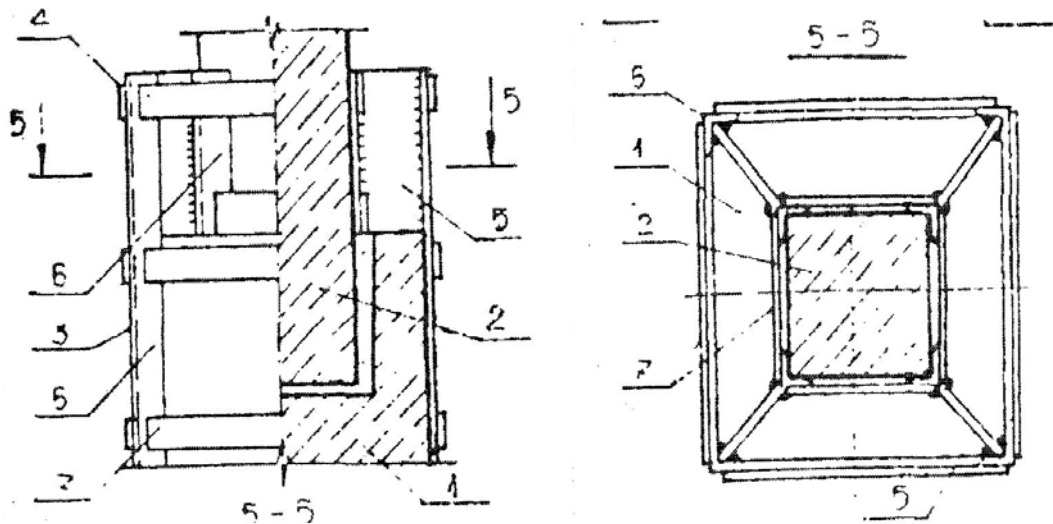
Рисунок 1.6 - Збільшення опорної площі залізобетонного стовпчастого фундаменту



1 – стаканна частина фундаменту; 2 – колона; 3 – залізобетонна обойма нарощування стінок стакану; 4 – поперечні арматурні нарощування; 5 – вертикальна арматура періодичного профілю, встановлена на розчині в висвердлені отвори; 6 – поверхня колони і стаканної частини фундаменту, підготовлені до бетонування (зачистка і насічка)

Рисунок 1.6а - Нарощування стінок стакану залізобетонною обіймою

Деякі конструктивні варіанти підсилення фундаментів шляхом розширення їх підшви приведені на рисунках 1.6, 1.7. У цих варіантах використовують бетонні або залізобетонні обойми. Головна спрямованість технології – забезпечити спільну роботу існуючого фундаменту і підсилюючої обойми.



1 – стаканна частина фундаменту; 2 – колона; 3 – металева обойма на колоні; 4 – металева обойма на стаканній частині фундаменту; 5 – сталеві пластини, встановлені зварюванням між обоймами; 6 – подовжні кутики обойм, що встановлюються на розчині; 7 – поперечні планки обойм, що приварюються до кутиків після нагріву до 200°C (для створення попередньої напруги)

Рисунок 1.7 - Улаштування металевої обойми

Технологічний процес по розширенню стовпчастих фундаментів виконують в наступній послідовності. Відривають ґрунт з усіх боків до відмітки підшви фундаменту. Стійкість стін виїмки забезпечують відповідним укосом і кріпленням щитами. З поверхні бетону видаляють ослаблений або рихлий шар, наносять насічку на бічні грані, влаштовують за допомогою бороздоділів штраби або борозни. Поверхню бетону очищають і зволожують. Потім встановлюють опалубку, при необхідності вводять арматурний каркас і проводять бетонування. Після досягнення бетоном заданої міцності розбирають опалубку і щитове кріплення стінок виїмки у

разі її наявності. Пазухи виїмки засипають ґрунтом і проводять пошарове ущільнення пневмо- або електротрамбовками.

При підсиленні стрічкових фундаментів роботи проводять окремими захватками, що чергуються, завдовжки 2...3метра, щоб не допустити випирання звільненої від перегруза ґрунту основи. Стійкість стінок виїмки також забезпечується улаштуванням відповідних укосів або інвентарними щитами. Проміжні захватки відривають після завершення всього циклу робіт і засипки з ущільненням ґрунту раніше відритих і примикаючих захваток.

Подібно до технології підсилення стаканних фундаментів, поверхню стрічкового очищають, видаляють маломіцні ділянки бетону, насікають і промивають струменем води. Після цього пробивають отвори для анкерних болтів і поперечних балок. Влаштовують різні борозни для опорних гребенів. Анкерні болти і поперечні балки закладають цементним розчином. Потім монтують опалубку, закладають арматуру, проводять бетонування. Цикл завершують демонтажем опалубки по досягненню бетоном заданої міцності і зворотною засипкою виїмки з ущільненням ґрунту.

Традиційні технології посилення фундаментів зводилися, як правило, до збільшення існуючої опорної площі, що призводило до зменшення інтенсивності тиску на ґрунти основи. Одночасно розроблялися технології, направлені на штучне поліпшення властивостей ґрунтів шляхом їх насичення різними хімічними речовинами.

З цілого ряду причин оцінюють як неприйнятну в умовах слабких ґрунтів технологію підведення нових фундаментів із збільшенням глибини залягання підшви. До того ж такі способи не технологічні через трудомісткість, великі об'єми земляних робіт, тривалість їх виконання.

До традиційних технологій відноситься посилення фундаментів прикладанням в перев'язку штучних матеріалів, бетонними і залізобетонними обоймами, які дають можливість збільшити площу опираючої на ґрунт основи.

Усі відомі варіанти технологій, пов'язаних з розширенням підшви фундаментів складні і дорогі, і головне, виконуються переважно вручну, вимагають проведення земляних робіт для оголення тіла фундаменту, можуть вимагати водопониження при високому рівні горизонту підземних вод.

Приведені особливості показують, що разом з наведеними технологіями розроблялися способи підсилення ґрунтів основи хімічними способами (силікатизацією, одно- і двох компонентною, смолизацією, з використанням розчинів каустику). Останнім часом основна орієнтація направлена на застосування пальових технологій.

Традиційні технології, орієнтовані на розширення опорної підшви існуючого фундаменту характеризуються великими витратами ручної праці, пов'язаними з необхідністю ручної розробки і зворотнього засипання виїмок ґрунту навколо і по всій висоті фундаменту, монтажем і демонтажем опалубки і арматури із застосуванням ручної праці, з ручною підготовкою поверхні і бетонуванням.

З урахуванням тривалості ручного виконання кожної операції і витримування бетону для тверднення такі технології оцінюються великою тривалістю та потребують скорочення витрат ресурсів та термінів виконання робіт.

1.3 Аналіз технологій реконструкції фундаментів улаштуванням зони підвищеної міцності

З цілого ряду причин повністю неприйнятний за умов слабких ґрунтів рекомендований у літературі спосіб підведення нових фундаментів зі збільшенням глибини закладення підшви. Такі способи нетехнологічні і можуть бути реалізовані лише в досить міцних ґрунтах за низького горизонту підземних вод, де, як правило, не потрібно посилення фундаментів.

У світовій практиці існує багатий арсенал різних хімічних реагентів, здатних закріпити ґрунт на досить тривалий період. До переваг хімічних способів відносяться: високий ступінь механізації всіх операцій; можливість зміцнення ґрунтів до заданих проектом параметрів у їхньому природному заляганні; порівняно мала трудомісткість, різке скорочення ручної некваліфікованої праці з відкопування траншей, і навіть порівняно невисока вартість вихідних матеріалів (можливість використання відходів виробництва).

На початку 60-х років для покращення властивостей ґрунтів основи широко використовувався кубовий залишок – відхід виробництва кремнійорганічних сполук (етилсилікат натрію).

Хімічне закріплення ґрунтів дозволяє успішно вирішувати багато завдань реконструкції за досить складних інженерно-геологічних умов. Наведемо характерний приклад із практики у Петербурзі. У 1959 - 60 рр. для запобігання аварійним осадам стін сценічної частини будівлі Маріїнського театру було виконано хімічне закріплення ґрунтів на основі стрічкових фундаментів. Закріпленню підлягав пилок пилюватий з коефіцієнтом фільтрації 0,5 – 1,5 м/доба і пористістю $n = 0,44$. Товща пісків становила 3 – 4,5 м нижче за подошву фундаменту. Закріплення проводили за традиційною схемою з використанням карбамідної смоли щільністю 1,076 – 1,08 г/см³ та 3% -го розчину соляної кислоти.

Спочатку нагнітали розчин соляної кислоти (400 л), потім – 50 л води та після цього – розчин смоли (400л). Нагнітання здійснювалося плунжерними насосами ПСБ-4 та НР-3 при тиску 0,3 МПа. Об'єм однієї заходки, що припадає на 1 ін'єктор, становив 0,6 - 0,7 м³.

В останні роки з'явилися роботи щодо можливості створення нетоксичних або слаботоксичних складів для закріплення ґрунту з використанням карбамідних смол. Вказується, що з дотримання запропонованих технологічно складних прийомів можна знизити

канцерогенність цих смол. У зв'язку з посиленою увагою до охорони навколишнього середовища необхідно суворо підходити до всіх рекомендованих "універсальних" хімічних реагентів. Так, безсумнівно шкідливий вплив на навколишній незакріплений ґрунт і підземні ґрунтові води широко рекомендованих кислот та лугів високої концентрації. Було виявлено токсичність та екологічну неспроможність цілого ряду реагентів, що рекламуються для закріплення ґрунтів в умовах реконструкції, зокрема, акрилових, фенольно-формальдегідних, фуранових, хромлігнінових та карбамідних смол з нескладним формальдегідом.

У рекомендаціях щодо зміцнення водонасичених слабких ґрунтів залужуванням пропонується нагнітати під тиском слабкі пілувато-глинисті ґрунти концентровані розчини каучуку. Передбачається, що під впливом висококонцентрованого каучуку відбудеться часткове поверхнєве розчинення глинистих мінералів з утворенням лужних алюмосилікатних гелів, які здатні надійно закріплювати слабкі ґрунти.

Представляється обґрунтованою відмова багатьох фахівців від використання більшої частини хімічних реагентів, за винятком традиційно застосовуваних силікатів (одно- та дворозчинна силікатизація).

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАЛЬ

2.1 Аналіз технологій улаштування набивних палей

Через певні недоліки забивних і віброзанурюваних палей у вітчизняній і зарубіжній практиці широко проводяться теоретичні і експериментальні роботи по переходу на технології улаштування набивних палей. Всі ці технології об'єднуює єдиний принцип – виготовлення палей безпосередньо в товщі ґрунтів основи. Відрізняються всі технології між собою:

- способом улаштування свердловин;
- використанням або без використання обсадних труб при улаштуванні свердловин;
- виїмкою або без виїмки ґрунту із свердловини;
- використанням для заповнення свердловин матеріалом;
- вживаними технічними засобами;
- характеристиками утворюваних палей;
- витратами ресурсів і економічними показниками.

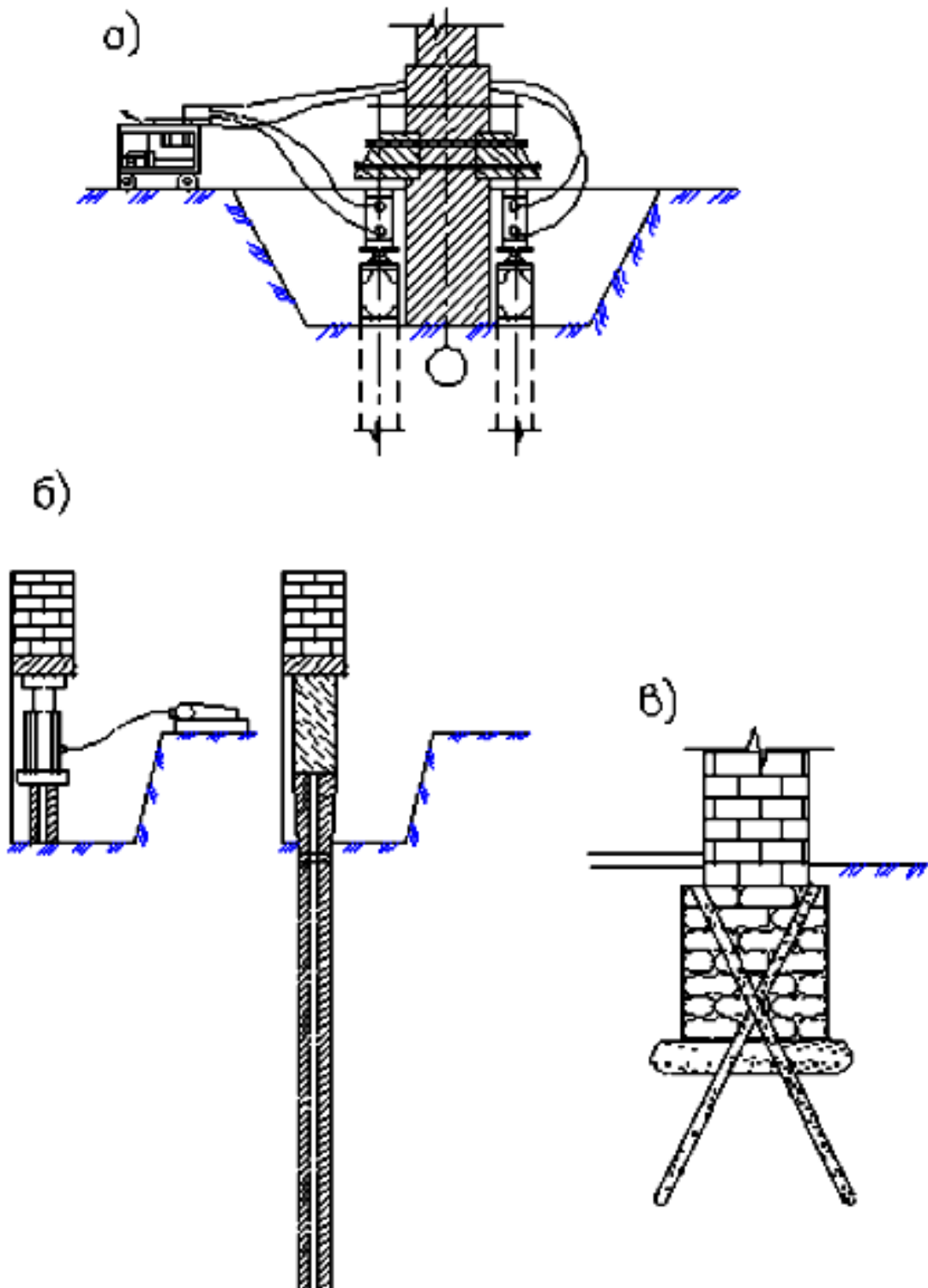
Усі відомі технології класифікуються за способом формування тіла палі, який визначає комплекс технічних і економічних характеристик.

Технології улаштування фундаментів на пальної основі, виготовленій безпосередньо в ґрунтах, прийшли на зміну забивним і в даний час в світовій практиці їх частка доходить більше 80%.

Сучасні технології дозволяють готувати буронабивні палі, вони можуть бути двох типів в залежності від способу ущільнення масиву в свердловині:

- бетоновані із трамбуванням для не обводнених ґрунтів, які називають палі Страуса;

- пневмонабивні із ущільненням бетонної суміші стислим повітрям, які придатні для любых гідрологічних умов.



а – багатосекційні палі вдавлювання з двосторонньою балкою-упором;
 б – вдавлювання паль під стіну або підшву фундаменту; в – бурін'єкційні палі з контактним шаром

Рисунок 2.1 – Підсилення фундаментів з використанням паль

Для палів першого типу використовують бетон міцністю 15...20 МПа (клас В12,5...В15). Завантаження бетонної суміші виконують таким чином, щоб при цьому утворювався стовп бетону не менше 0,8...1 м з послідовним ущільненням спеціальною трамбівкою та попередженням утворення бетонних пробок. По мірі формування палі обсадна труба піднімається, а потім повністю звільняється. Тіло палі армують тільки у верхній частині на висоту 1,2...2 м чотирма або п'ятьма металевими стрижнями діаметром 12...16 мм. Несуча здатність палів для підсилення фундаментів становить 200...400 кН висячих та 800...1000 кН палів-стійок.

При виготовленні пневмонабивних палів використовують шлюзовий апарат, який прикріплюють до верхньої частини обсадної труби та з'єднують з повітропроводом. Під дією тиску 0,4 МПа, який створює апарат, ґрунтові води віджимаються із свердловини і трамбується бетон.

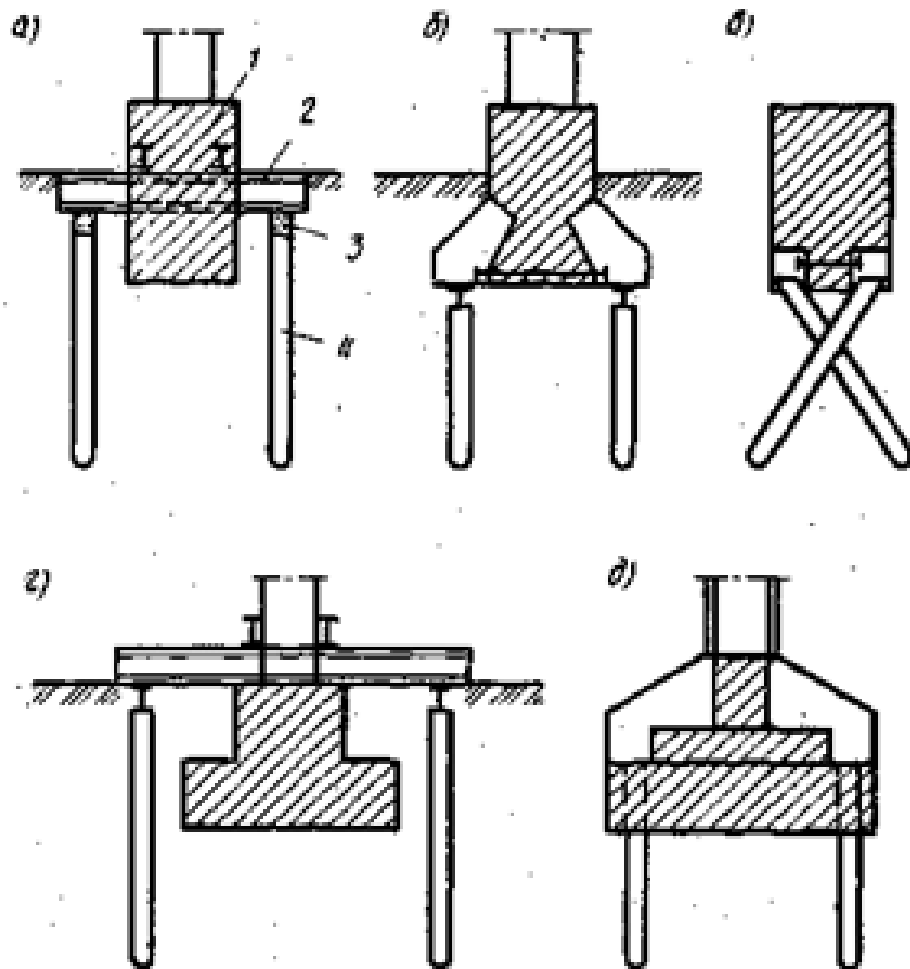
В разі реконструкції стрічкових фундаментів набивні палі готують вздовж паралельними рядами, а одиночні стовпчасті – двома або чотирма симетрично розміщеними палями (рис. 2.2).

При використанні бурового обладнання в слабких і нестабільних ґрунтах, а також при значній глибині закладення палів застосовують обсадні труби, які захищають стінки свердловин від обвалення, а також свердлінням під шаром розчину бентоніту.

2.2 Аналіз технологій улаштування буронабивних палів

Технологічний процес влаштування буронабивних палів надається на рис. 2.2. Він включає в себе чотири етапи: буріння свердловин з установкою обсадних труб на задану глибину і під необхідним нахилом; армування свердловин каркасом (зазвичай циліндричної форми); подачу, укладку і

ущільнення бетону при одночасному витягу по мірі бетонування обсадних труб; облаштування оголовку монолітної палі.



1 – існуючий фундамент; 2 – рандбалка (залазобетонна або металева);

3 – росверк; 4 – набивна паля

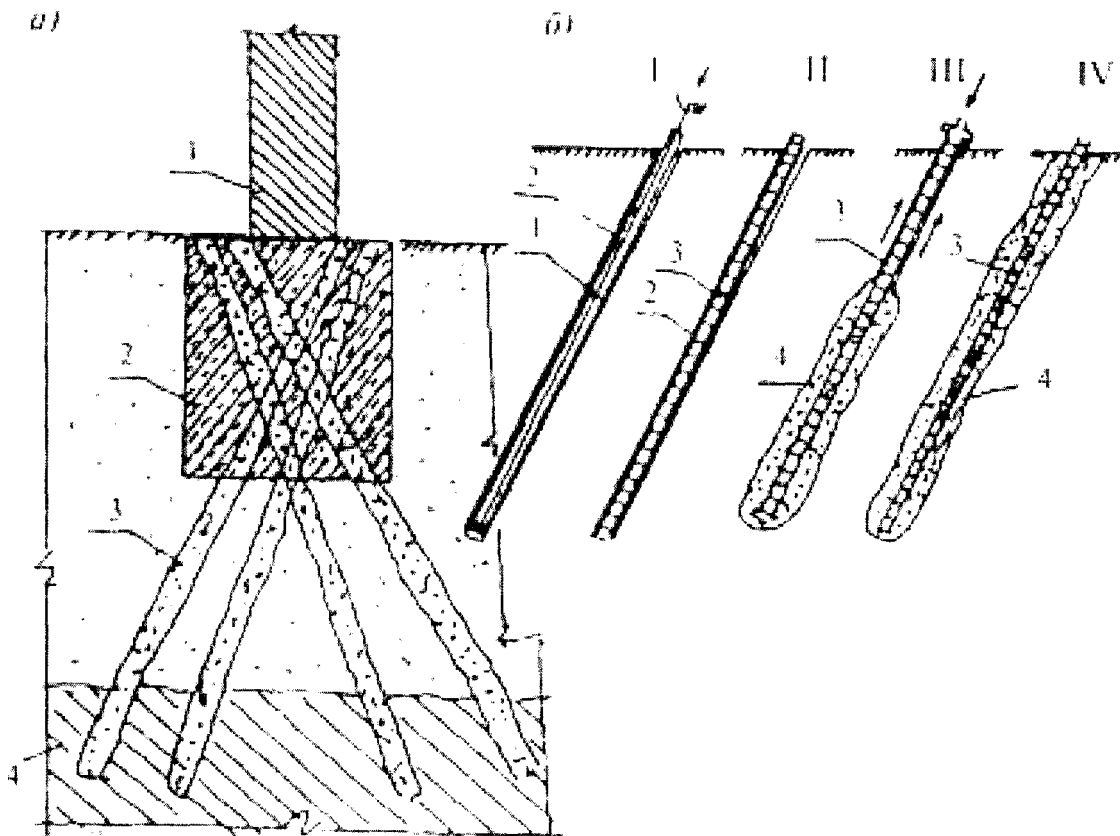
Рисунок 2.2 – підсилення фундаментів буронабивними палями

Несучу здатність висячої одиночній набивної палі обчислюють:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (2.1)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі; в разі спирання її на пило-глиняні ґрунти зі ступенем вологості $S_T < 0,9$ і на лесові ґрунти $\gamma_c = 0,8$, в решті випадків $\gamma_c = 1$; γ_{cR} - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі; $\gamma_{cR} = 1$ у всіх випадках, за винятком паль з комупльотними уширеннями, для

яких $\gamma_{cR} = 1,3$, і палі з розширенням, що бетонуються підводним способом, для яких $\gamma_{cR} = 0,9$; R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа; A – площа обпирання палі, m^2 ; u – периметр поперечного перерізу стовбура палі, м; γ_{cf} – коефіцієнт умов роботи ґрунту на бічній поверхні палі; f_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту на бічній поверхні стовбура палі, кПа; h_i – товщина i -го шару ґрунту, що стикається з бічною поверхнею сваї, м.



a - кореневидними палями: *I* - посилюєий фундамент; *2* - стіна; *3* - кореневидні палі; *4* - щільні ґрунти; *б* - технологічна послідовність виконання робіт: *I* - буріння свердловин; *II* - армування; *III* - бетонування свердловини з витягом обсадної труби; *IV* - готова паля; *1* - робочий орган бурової машини; *2* - обсадна труба; *3* - арматурний каркас; *4* - бетонна суміш

Рисунок 2.3 - Схема підсилення фундаментів

Число палей визначають діленням загального навантаження N що передається від споруди, на несучу здатність однієї палі, тобто:

$$n = N / F_d. \quad (2.2)$$

Процес безпосереднього виготовлення буронабивних палей починають з розробки свердловин, які готують одним з можливих варіантів, - бурінням, витрамбовуванням, заглибленням обсадних труб.

Серед освоєних в сучасних умовах технологій в практиці будівництва використовують декілька варіантів виконання буронабивних палей.

Технології виготовлення буронабивних палей без обсадних труб застосовують для водонасичених і сухих ґрунтів. Свердловину розробляють буровим шнеком бурової установки до проектної відмітки. Шнек підіймають зі свердловини разом із залишками ґрунту, а потім проводять її заповнення двома способами - «сухим» і «мокрим». У першому випадку в свердловину подають порціонно задану суміш, опускають трамбуєчою штангу і ущільнюють відповідну порцію суміші. При «мокрому» способі в цілях забезпечення збереження стін, в свердловину закачують глиняний розчин (пасту) і під цей шар вводять порожнистий пікобур з отвором в головці. По рукавах в пікобур поступає бетонна суміш, яка по мірі заповнення свердловини витісняє глиняну пасту на поверхневу відмітку.

На основі цієї технології розроблені і застосовуються наступні види набивних палей.

Вібротрамбовані палі влаштовують в сухих зв'язних ґрунтах. Способом втискування гідроприводом екскаватора або забивання гідромолотом в ґрунт занурюють обсадну металеву трубу із заглушкою на кінці, що попереджає попадання ґрунту в порожнину труби при її входженні в товщу масиву. Після того, як труба досягає проектної відмітки, вставляють арматурний каркас і завантажують першу порцію бетонної або іншої суміші. Ущільнення

бетонної суміші проводять за допомогою трамбуючої штанги, яку підвішують до віброзбудника. Завантаження і ущільнення суміші проводять порційно. Одночасно трубу підіймають поступово при безперервній роботі віброзбудника.

Суть технології полягає в попередній розробці свердловини з виїмкою ґрунту і подальшим заповненням з ущільненням бетонною, цементно-ґрунтовою, шлаковою, глиняною або іншими сумішами без або з додатковим армуванням.

Буронабивні палі із закріпленням ґрунтів під нижнім кінцем за допомогою цементациї і закріпленням стінок вибуреної свердловини силікатним розчином мають підвищену здатність, що робить їх конкурентноспособними забивним палям не тільки при будівництві в обмежених умовах і примиканні до існуючих будівель, але і на знову освоєваних майданчиках, де забивання палей утруднене через наявність в ґрунтах щільних лінз і прошарків, що прорізаються.

В технологіях буронабивних палей визначальним процесом є розробка свердловин, яка залежно від характеристик ґрунту і параметрів палей може виконуватися бурінням, проколом, обсадними трубами, ударним бурінням.

Комплекс технологічного устаткування для улаштування буронабивних палей включає:

- машини для улаштування свердловин, які залежно від способу можуть бути буровими, гідромолотами або іншими машинами ударної дії;
- установки змішувачів для приготування відповідних сумішей для заповнення свердловин;
- віброущільнювачі і віброзанурювачі;
- зварювальні апарати для зварювання арматурних каркасів;
- транспортні засоби;
- ємкості і бункери для компонентів сумішей.

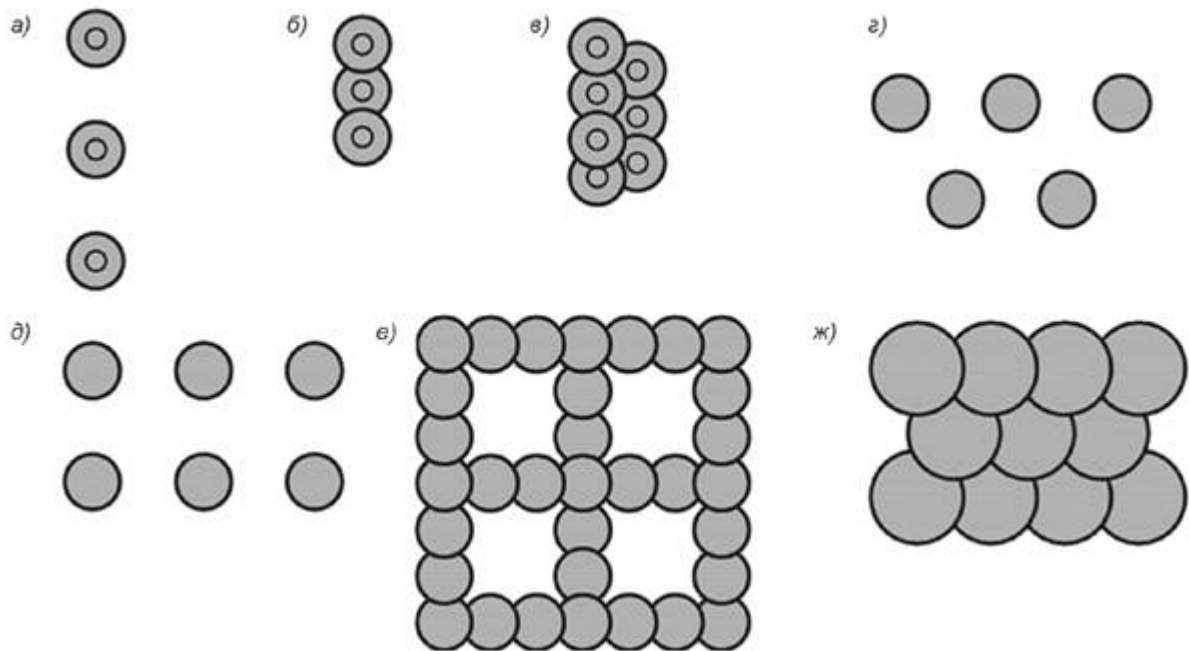
Технологічний процес улаштування буронабивних паль починають з підготовчого циклу, який включає інженерне облаштування будівельного майданчика, розстановку і випробування устаткування, забезпечення матеріальними і енергетичними ресурсами.

Інший варіант технології улаштування буронабивних паль із задалегідь зануреною трубою полягає в примусовому її впровадженні в ґрунт за допомогою гідравлічного столу зусиллям 1000кН при одночасному обертанні труби. Після часткового заглиблення проводять витягання ґрунту з порожнини труби за допомогою ковшевого бура. Процес виконують циклічно «обсадження-виймка ґрунту» до повного занурення до проектної глибини. Трубу занурюють окремими секціями 3метри з подальшим нарощуванням і з'єднанням електрозварюванням. Бетонування з ущільненням виконують порційно. При цьому заповнюють трубу на висоту 6 метрів, тобто дві секції, а витягують одну при безперервній роботі віброштанги для зменшення зусиль підйому. Процес триває до повного заповнення свердловини і витягання труби.

2.3 Технологія виготовлення ґрунтоцементних (ґрунтобетонних) паль

Технологія виготовлення ґрунтоцементних паль базується на розробці свердловин без обсадних труб і без винесення ґрунту на поверхню. Буровий верстат для цих цілей обладнаний порожнистою буровою штангою з отворами, що відкриваються, системою заглушок. Зовнішня поверхня штанги забезпечена шнеком з кроком лопастей 400 мм для попередження винесення ґрунту. У верхній частині є пристрій, що іменується вертлюг і який дозволяє безперервно нагнітати цементну пасту в порожнину штанги для подальшого

виходу крізь отвори бурової головки. В нижній частині бурової штанги розміщені ножі, які розкриваються при зворотному ході штанги.



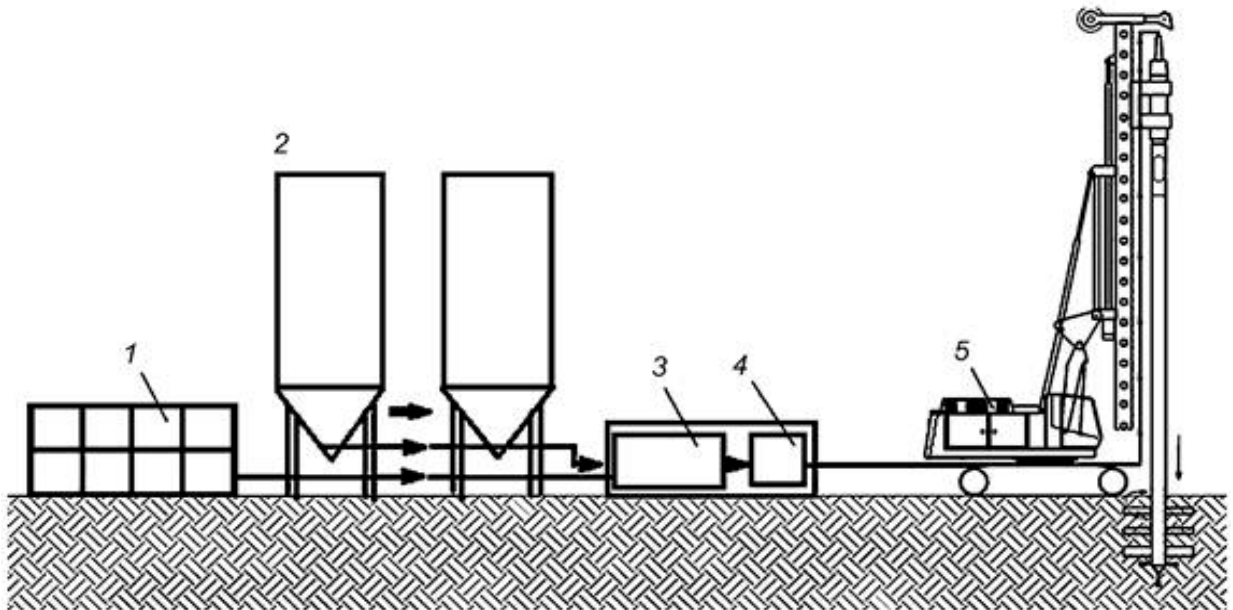
a) - одиночно; *б)* - в один ряд; *в)* - в два ряди; *з)* - по трикутній сітці; *д)* - по квадратній сітці;

е) - у вигляді ніздрюватої структури; *ж)* - суцільним масивом

Рисунок 2.4 - Способи влаштування ґрунтоцементних елементів і конструкцій

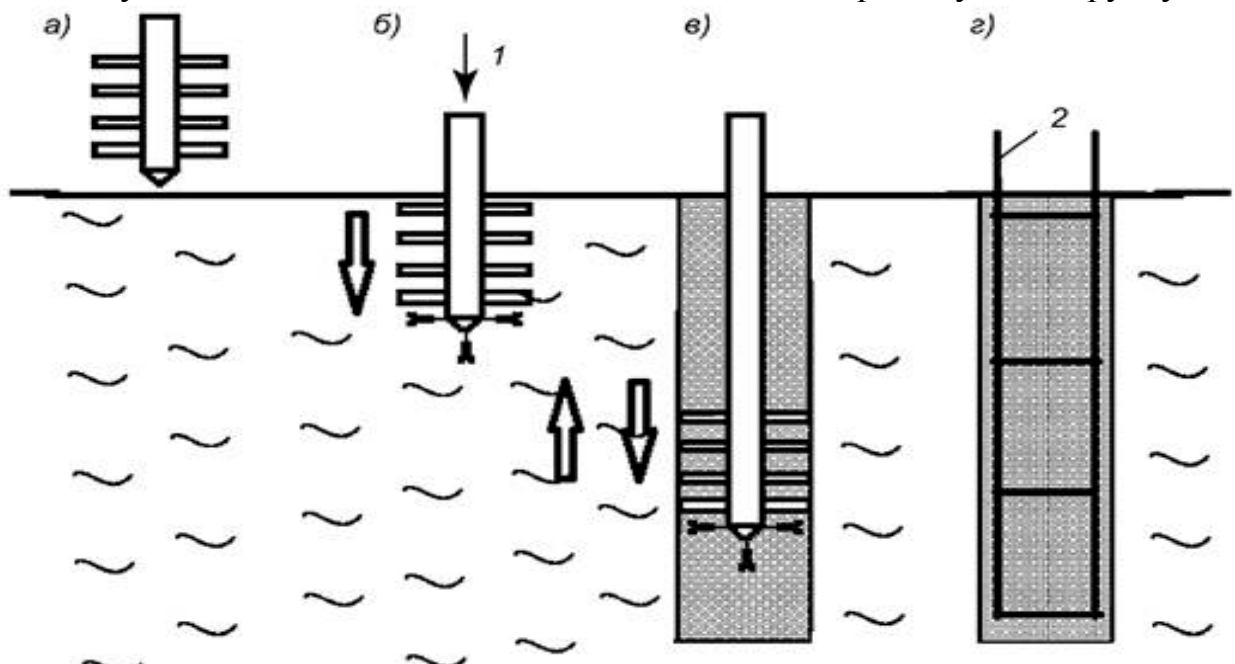
Бурова штанга багатосекційна, секції якої з'єднуються по мірі заглиблення попередніх.

Буріння свердловини здійснюють на всю проектну глибину без повного винесення ґрунту, що розробляється, на поверхню (рис. 2.5а, б). В момент початку підйому бурової штанги їй надають зворотне обертання. При цьому ножі розкриваються і починають зрізати ґрунт із стінок свердловини. Одночасно починають нагнітання під тиском цементно-водної пасти в порожнину штанги по гумовотканинних рукавах від розчинонасоса. Паста, що під тиском нагнітається, розкриває отвори бура.



1 - ємність для води; 2 - комплект силосів для в'язучого та добавок;
3 - розчинозмішувач; 4 - насос; 5 - бурова установка

Рисунок 2.5а - Технологічна схема глибокого перемішування ґрунту



а) - установка бурового обладнання в робоче положення; б) - занурення в ґрунт змішувача до проектної відмітки вращаючим бурінням і нагнітання цементного розчину через змішувач для змішування з ґрунтом;
в) - повторні цикли занурення і вилучення змішувача; г) - занурення армуючих конструкцій (окремі сталеві стрижні, арматурні каркаси, сталеві балки або труби); 1 - розчин; 2 - армуючі конструкції

Рисунок 2.5б - Технологічна схема глибокого перемішування ґрунту

Під дією шнека бурової штанги, що обертається, на ножах ґрунт перемішується, насичується цементною пастою і формується цементно-ґрунтова суміш. По завершенню формування стовбура палі в заповнену свердловину занурюють армуючий каркас з використанням віброзбудників. Окремі секції каркасу стикують електрозварюванням.

Затверділа цементно-ґрунтова суміш в камнеподібному стані забезпечує достатньо високу міцність, і завдяки низькій собівартості, достатній технологічності і достатнім характеристикам по міцності цементно-ґрунтові палі знаходять широке застосування в багатьох країнах.

Технологія виготовлення ґрунтоцементних паль доопрацьована і освоєна в Запорізькому відділенні НДІБВ і відома під найменуванням ґрунтозмішувальної.

Одним з головних напрямів вдосконалення з'явилося оснащення бура системою ножів. У розкритому стані ножі виконують важливі технологічні операції – зрізають ґрунт із стінок свердловини, його спущення, змішування з ґрунтом, що додатково залишився, і поступаючої під тиском цементної пасти. Міцність утворюваної суміші після тверднення регулюється витратою цементу і може досягати класу В3,5 (марка 40).

Завдяки наявності системи ножів, що розкриваються, діаметр паль може досягати до 500 міліметрів. Довжина паль – до 20 метрів.

2.4. Аналіз технологій виготовлення набивних паль з використанням електричних розрядів

В подальший розвиток технологій ущільнення набивних сумішей і прилеглої до палі зони ґрунту свердловини розроблено спосіб застосування електричних зарядів.

Технологія ущільнення у такий спосіб зводиться до наступного.

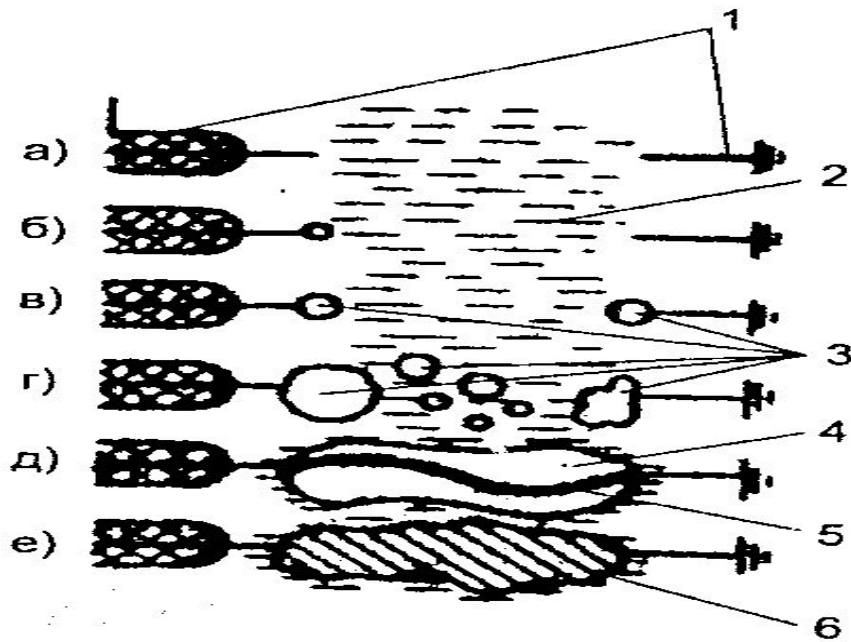
У заповнену бетонною сумішшю свердловину занурюють розрядник, приєднаний до джерела електричного живлення. Оскільки бетонна суміш, що заповнює свердловину, є водонасиченим середовищем, то електричний розряд в цих умовах викликає ефект гідравлічного удару. Під дією гідравлічного удару виконується механічна робота в навколишньому біля розрядника рідков'язкому середовищі.

Виниклий ударний імпульс впливає на рухому бетонну суміш і через неї – на прилеглі стіни свердловини. В результаті відбувається розширення пального стовбура, ущільнення зони навколопального ґрунту і бетонної суміші. Ефект ущільнення проявляється в підвищеній здатності палі, яка зростає також за рахунок збільшеного несучого перетину. Розрядник переміщають уздовж стовбура палі і таким чином отримують рівномірне розширення по всій довжині. Схема технології показана на рисунку 2.2.

Основна складність процесу створення гідравлічних ударів, здатних створювати ефективну механічну роботу по розширенню стовбура свердловини, пов'язана з трудністю формування електричних імпульсних локальних каналів розряду в сильному електроліті, яким є бетонна суміш і яка знаходиться в набивній палі.

В такій технології можливі два варіанти формування розряду в умовах бетонного середовища. Ці варіанти умовно іменують тепловий і лідерний або електричний.

Тепловий метод зводиться до того, що електричний заряд утворюється в своєрідній камері, яка формується з газових включень, що з'явилися за рахунок нагріву рідини в момент до початку розряду. Такий варіант розряду є характерним для теплового способу формування в рідині. В цьому випадку велика частина енергії розряду витрачається на утворення газової камери, менша – для ефекту удару. При цьому можуть бути втрати енергії на тепло, сумірні з енергією розряду.



а – е – послідовність процесу; 1 – електродна пара; 2 – рідина; 3 – газові включення; 4 – оболочка газових включень (газовий чехол); 5 – електроімпульсний розряд; 6 – парогазовий пухир (генератор гідравлічних ударів)

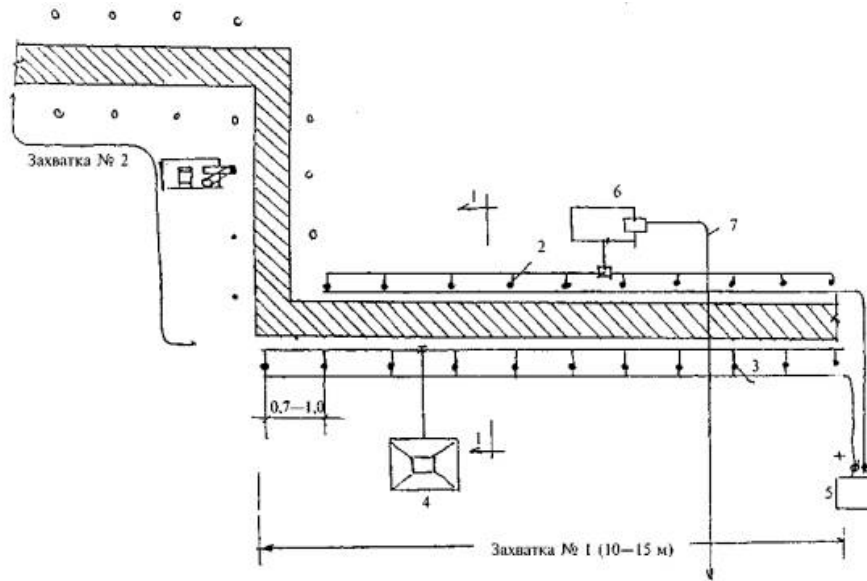
Рисунок 2.2 - Послідовність процесу теплового способу формування електричного розряду в рідині

На відміну від теплового способу лідерний забезпечує безпосередній пробій робочого середовища, що дозволяє зменшити непродуктивні витрати енергії на утворення газової камери за рахунок розігрівання рідини, а використовувати її на створення ударного ефекту.

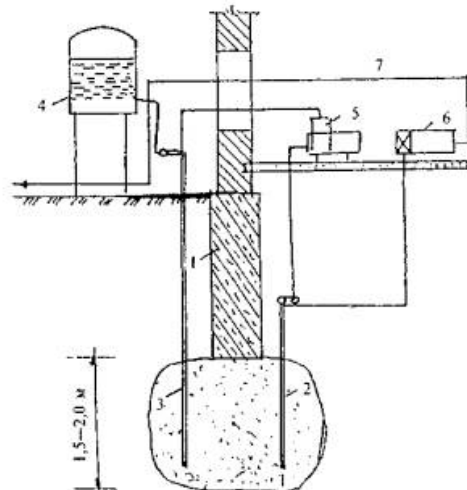
Оптимальні умови для формування лідерного розряду можуть бути створені при використанні величини напруги, рівної 30 і 40 Кв.

Гранична напруга в 30...40 кВ з енергією 4,5 кДж збільшують діаметр формованої палі з 110 мм до 205...211 мм, тобто майже в 2-а рази.

На рисунку 2.3 наведено технологічну схему виконання робіт. Основний технологічний процес полягає у влаштуванні свердловин та встановлення електродів з перфорованою частиною нижньої зони.



По 1-1



1 - фундамент; 2, 3 - анод, катод; 4 - ємність для розчину солей; 5 - генератор постійного току; 6 - насос для відкачки води від катода; 7 - трубопровід

Рисунок 2.3 - Технологічна схема виробництва робіт з закріплення ґрунтів електрохімічним методом

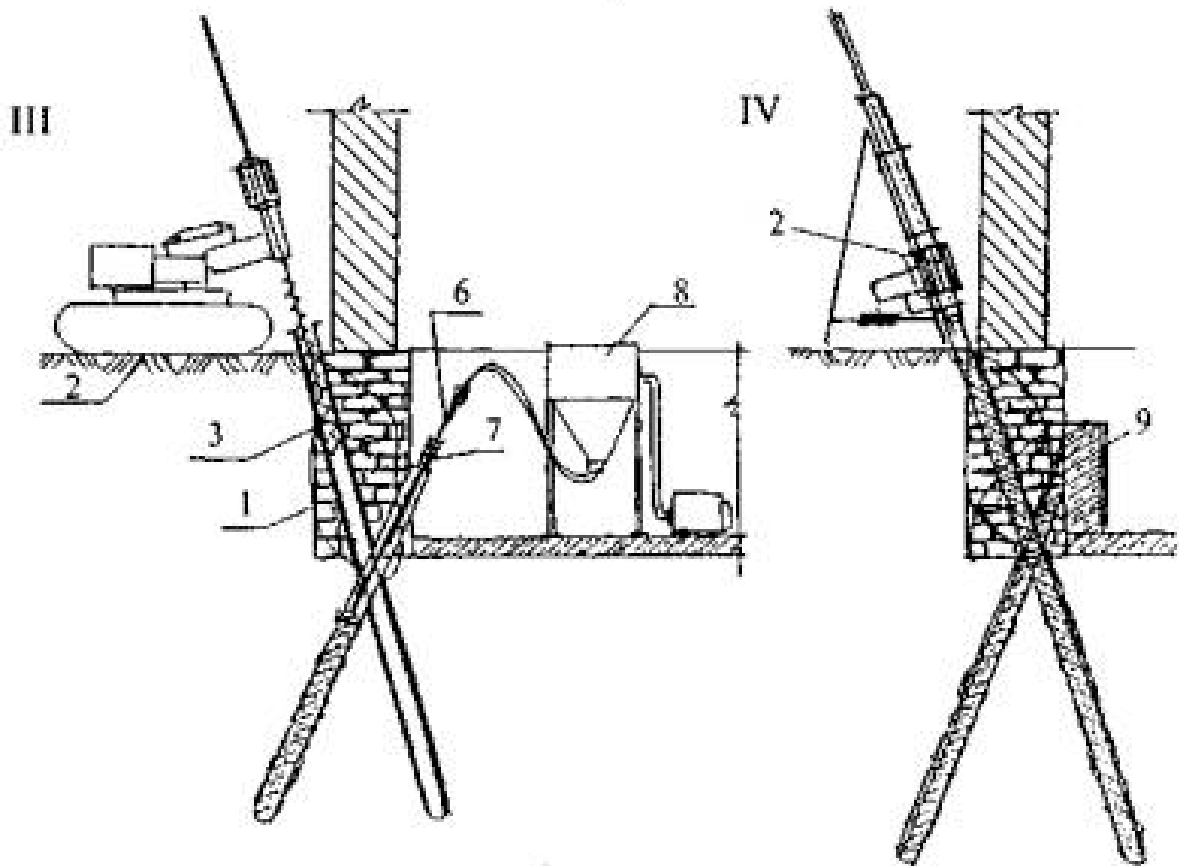
2.5 Аналіз технологій улаштування буроін'єкційних паль

Найбільш поширеною технологією стало укріплення фундаментів будівель буроін'єкційними палями. Вони є одним з видів буронабивних паль,

мають невеликий діаметр (50-250 мм) велику довжину (до 40 м).

При розміщенні таких палей, пластичну дрібнозернисту бетонну суміш ін'єктують під тиском 0,2-0,3 МПа в колодязь з попередньо встановленою арматурою. Після заповнення свердловини бетонною сумішшю його гирло тампонують і опресовують, створюючи надлишковий тиск розчинонасосом або стисненим повітрям.

При посиленні фундаментів житлових будинків буроін'єкційними палями довжина значно знижується, а технологія ділиться на кілька етапів (рис. 2.3).



1 - фундамент; 2 - буровий станок; 3 - бур; 4 – ін'єкція тампонажного розчину; 5 - зона укріплення фундаменту; 6 – ін'єктор; 7 - армокаркас; 8 - установка для ін'єктування; 9 – ростверк палі

Рисунок 2.3 - Технологічна схема зміцнення фундаментів буроін'єкційними палями

Основна відмінність технології улаштування буроін'єкційних паль зводиться до способу подачі та ущільнення бетонної суміші.

Для роботи використовують комплекс устаткування:

- бурова установка з копровим стояком, уздовж якого пересувається шнекова бурова штанга заданої довжини і діаметру з приводною головкою;
- бетононасос високого тиску; бетонозмішувач;
- віброзбудник для занурення арматурного каркасу в свіжоукладену в свердловину бетонну суміш;
- зварювальний апарат для стикування окремих секцій арматурних каркасів;
- комплект гнучких гумовотканинних рукавів високого тиску для нагнітання бетонної суміші.

Особливістю шнекової штанги є крок її шнека, рівний 400...600 мм, що попереджає можливість винесення ґрунту зі свердловини при її розробці.

Штанга порожниста з вихідним отвором, що відкривається в буровій коронці штанги і вертлюгом в її верхній частині, який гнучкими бетоноводами підключають до бетононасосу. Тракт устаткування і бетоноводів укомплектовують перекриваючою і контрольною апаратурою та пристосуваннями.

Технологічний процес після виконання усіх підготовчих заходів щодо організації будівельного майданчика, комплектування устаткування і його перевірки, забезпечення необхідними матеріалами і виконання необхідних заходів щодо створення умов продуктивної і безпечної праці виконують в такій послідовності:

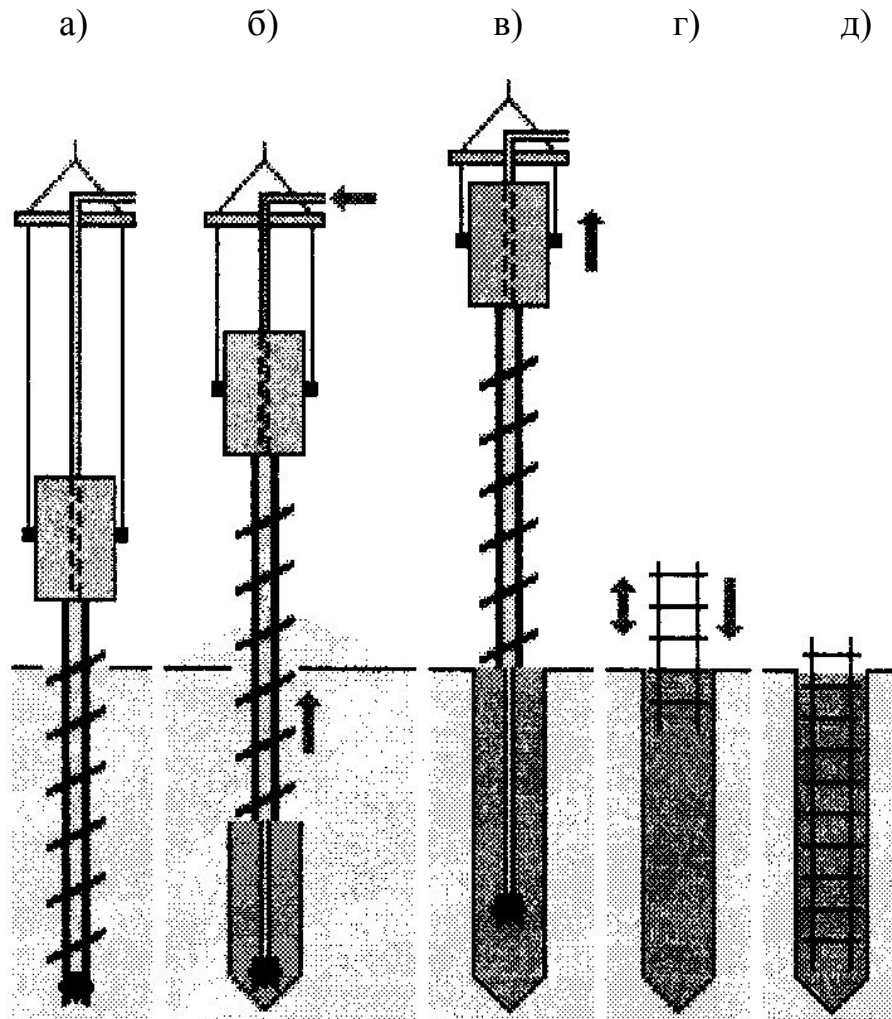
- встановлюють бурову штангу бурової машини по центру палі, що виготовляється;
- обертанням бурової штанги і її переміщенням уподовж копрової стріли бурової машини розробляють свердловину. По мірі поглиблення бура стикують секції бурової штанги, виходячи з буріння до проектної глибини;

- по досягненню проектної відмітки штанзі надають зворотний хід. З початком зворотного руху по бетоноводу в порожнину бурової штанги бетононасосом високого тиску нагнітають бетонну суміш. Під тиском відкриваються заглушки отворів і бетонна суміш нагнітається в закритий простір між стінами свердловини і товщею ґрунту, що виноситься шнеком бурової штанги, який обертається. Завдяки тиску бетонної суміші в закритому просторі забезпечується ущільнення бетонної суміші з частковим насиченням і ущільненням стінок свердловини;
- поступовий підйом бурової штанги з шнеком, що обертається в зворотньому напрямку, і безперервне нагнітання бетонної суміші забезпечують формування тіла з бетонної суміші;
- по завершенню процесу витягання бурової штанги і нагнітання бетонної суміші допоміжним ковшем екскаватора видаляють витягнутий зі свердловини ґрунт;
- занурення в бетонний масив свердловини арматурного каркаса за допомогою вібробудника. Окремі секції каркаса стикують між собою електрозварюванням;
- формуванням оголовка палі проектних розмірів з установкою опалубки і витримкою бетону.

Схема технологічного процесу виготовлення буроін'єкційних палей приведена на рисунку 2.4.

Тривалість виготовлення палей коливається від 30 до 60 хв залежно від діаметру і довжини. Середня продуктивність устаткування 50...60 метрів кубічних в зміну.

Необхідне устаткування комплектується виробами підприємств України, за винятком бетононасосів, до яких пред'являються вимоги створення підвищеного тиску.



а – процес розробки свердловини; б – формування тіла палі під час зворотного ходу бурової штанги; в – сформоване тіло палі з бетонної суміші; г – армування палі; д – армована паля.

Рисунок 2.4 - Схема технології улаштування буроін'єкційних палі

Установки буроін'єкційної технології можуть бути укомплектовані приладами комп'ютерного контролю. Процес виготовлення палі контролюють по таких параметрах: глибина, закручуваний момент, тиск бетонної суміші, витрата бетону, форма утворення палі. Всі параметри постійно виводяться на дисплей комп'ютера і фіксуються самописцями. Це дозволяє регулювати процес виконання робіт на кожній його стадії.

Як видно, суть буро-ін'єкційних палі полягає в примусовому нагнітанні, тобто ін'єктуванні, сумішей розчинів або бетонних в нижню

порожнину палі під шар вищерозташованої товщі ґрунту або глиняної пасти. В Україні використовують два різновиди виготовлення буро-ін'єкційних паль: так звану класичну для виробництва паль діаметром до 150...350 мм і технології виготовлення паль діаметром 400...820 мм з напірним бетонуванням крізь пустотний шнек.

При виготовленні буро-ін'єкційних паль за класичною технологією буріння свердловин в нестійких ґрунтах виконують з промивкою глинистим розчином під захистом обсадних труб згідно вимог нормативів. Заповнення свердловини цементним розчином проводиться через робочий орган бурової штанги до початку виходу поданого розчину з гирла свердловини. Основне призначення цього варіанту технології – підсилення і реконструкція будівель в умовах слабких ґрунтів.

Буро-ін'єкційні палі більшого діаметру виготовляють згідно другого варіанту технології з напірним бетонуванням шляхом забурювання в ґрунт полого шнека. По закінченню проходки свердловини до проектної глибини починають підйом порожнистої бурової штанги і її обертання у зворотному напрямі. У цей момент в порожнину бурової штанги за допомогою бетононасосу нагнітають бетонну суміш, яка потрапляє під головку бура крізь клапан, розміщений в нижній частині шнека бурової штанги. Отже, така технологія дозволяє за один робочий цикл поглиблення – витягання шнека сформувати в ґрунті бетонний стовбур без застосування яких-небудь засобів для кріплення стінок свердловини.

Така технологія має безперечні переваги в продуктивності і енерговитратах в порівнянні з традиційними, у яких технологічні операції по бурінню свердловин і улаштуванню стовпа паль виконують роздільно.

Названі буроін'єкційні технології можуть знайти широке застосування в усіх інженерно-геологічних умовах за винятком пилоподібних глинистих ґрунтів текучої консистенції через небезпеку просідання ґрунтів на прилеглих територіях і просідання фундаментів прилеглих будівель.

2.6 Аналіз струменевої і струменево - змішувальної технологій виготовлення паль

В зарубіжній практиці (США, Японія, Німеччина, Італія, Франція та інші) достатньо поширені технології струменевого і струменево - змішувального виготовлення паль.

Сутність цих технологій складається в руйнуванні високонапірним струменем цементної пасти структури прилеглого до стінок попередньо виготовленої свердловини ґрунту, перемішування його з в'язучим, суміш яких в подальшому твердне і яка в подальшому переходить у високоміцний цементно-ґрунтовий моноліт.

Крім того, ґрунт ущільнюється в зоні дії струменю, а з іншого, впроваджений цемент після твердіння утворює щільні і міцні шари між ущільненим ґрунтом. За наявності багатоярусного розташування вихідних отворів струменю утворюються також багатоярусні шари цементного каменя між шарами ущільненого ґрунту. Спільно із заповненою цементним каменем свердловиною на кінцевій стадії утворюється свого роду паля збільшеного діаметру і підвищеної несучої здатності.

Технології струменеві - змішувальних є результатом вдосконалення струменевої і її відмінною особливістю є використання енергії високошвидкісних струменів в поєднанні цементної пасти, води та стислого повітря, на виході із сопел бурової штанги для різання ґрунту і його змішування з цементно-водною пастою, яка поступає із сопел і яка ріже ґрунт на стінках свердловини разом з водою та стислим повітрям, а потім його перемішує.

При цьому обидві технології можуть успішно застосовуватися незалежно від вологості ґрунтів, тобто палі виготовляються однаково на ділянках як вище, так і нижче рівня підземних вод.

Перевагами цих технологій є можливість використання цементно-водних сумішей, що тверднуть в ґрунтах любой вологості, керованість технологічними процесами, що забезпечує стабільну якість продукції. До недоліків цих технологій можна віднести потребу в насосах високого тиску і високонапірних трубопроводах з гумовотканинних рукавів.

До переваг струменевої і струменевозмішувальної технологій можна віднести їх багатоцільове застосування. Крім застосування для улаштування пильових фундаментів, їх використовують для підведення нового фундаменту під будівлю, для ремонту існуючих і зміни конструкцій фундаментів, їх посилення, в будівництві тунелів і шахт в умовах міської забудови, зміцнення підпірних стінок, споруди горизонтального захисного шару, герметизації стиків між буронабивними палями, утворення отворів у водотривких стінках.

Технологія струменевого змішування позбавлена цих недоліків, оскільки весь розчин, що подається до монітора струменевого змішувача, повністю використовується на отримання цементно-ґрунтової суміші. Самі роботи можуть виконуватися при низькому тиску.

В Україні на базі устаткування, що випускається, відпрацьована технологія улаштування цементно-ґрунтових пиль за технологією струменевого змішування, які багато в чому базуються на результатах зарубіжного досвіду робіт.

Принципові відмінності між вітчизняною і зарубіжними технологіями обумовлені різною величиною робочого тиску сумішей, що нагнітаються, через відсутність виробничої бази для виготовлення високонапірних розчинонасосів.

У первинних варіантах технологій використовувався комплект устаткування, пристосований забезпечити створення струменя високої кінетичної енергії і синхронну роботу усіх органів.

Бурову установку, призначену для струменевих технологій, оснащують додатковими пристроями для автоматизованого підйому бурової штанги із заданою швидкістю. Це є основною вимогою для гарантованої якості робіт – виготовлення палів без розривів, постійним діаметром і заданим вмістом цементу в одиниці об'єму ґрунту. Іншою найважливішою частиною бурової машини є бурова штанга, оснащена соплами, призначення яких – перетворення енергії струменю розчину, що під високим тиском поступає від розчинонасоса, в кінетичну енергію струменю. Сопла виготовляються із спеціального металокерамічного сплаву, щоб забезпечити попередження їх руйнування під дією абразивовміщуючого цементного розчину. Діаметр сопел складає 1,6...3,0 мм. Для отримання високої однорідності утворюваного в результаті змішування ґрунтобетону кількість сопел в буровій штанзі складає 2...4 шт. Штанга порожниста, в якій можуть проходити 1...3 роздільних канали, по яких підводяться тільки цементний розчин, або на додаток до нього роздільно вода і стисле повітря.

У комплект устаткування входять насос високого тиску для цементного розчину і залежно від вживаної технології, насос для води і пересувна компресорна станція. Для приготування розчину потрібна ростворозмішувальна станція з дозаторами і силосні ємкості для цементу. Все технологічне устаткування від насосів і компресорної установки до бурової штанги приєднане трубопроводами і шлангами високого тиску з контролюючою і регулюючою апаратурою і замочними засобами.

Схеми організації розміщення технологічного обладнання і виконання робіт наведено на рисунках 2.5 і 2.6.

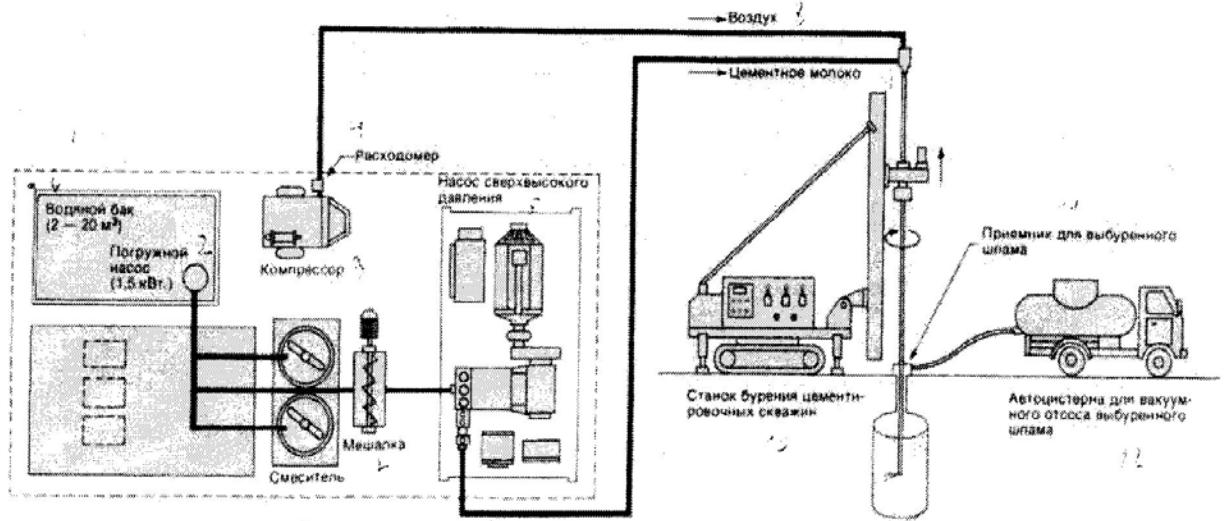


Рисунок 2.5 - Схема організації робочого місця і розміщення технологічного обладнання

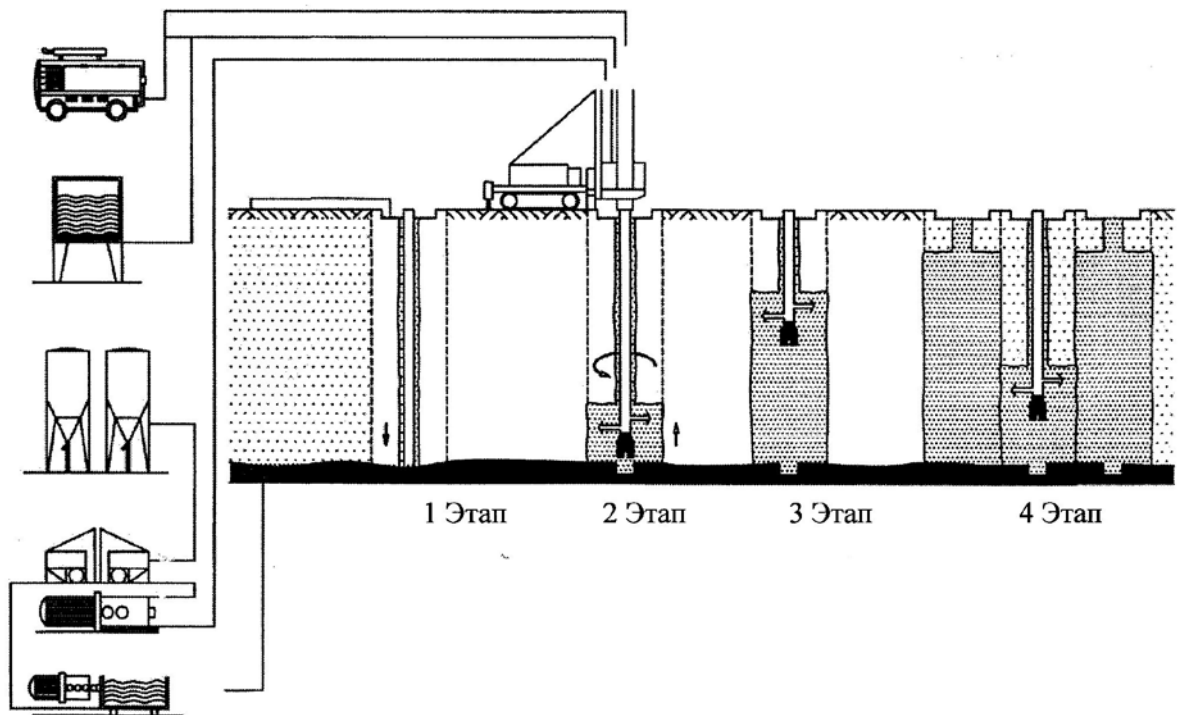


Рисунок 2.6 - Схема струменевої технології виготовлення палів

Одними з варіантів струменевих і струменево-змішувальних технологій є технології JET GROUTING, на прикладі яких можна судити про можливі особливості інших технологій (табл. 2.1).

Таблиця 2.2 - Параметри технологій JET GROUTING

Параметри технології	JET1		JET2		JET3	
	min	max	min	max	min	max
Тиск водоцементного струменя, Мпа	20	60	30	60	3	7
Витрата водоцементного струменя, л/хв	40	120	70	150	70	150
Тиск повітряного струменя, Мпа	-	-	0,6	1,2	0,6	1,2
Витрата стислого повітря, м ³ /хв	-	-	2	6	2	6
Тиск водяного струменя, Мпа	-	-	-	-	20	50
Витрата води, л/мін	-	-	-	-	70	150
Діаметр водоцементного сопла, мм	1,5	3	1,5	3	4	8
Діаметр водяного сопла, мм	-	-	-	-	1,5	3
Діаметр повітряного сопла, мм	-	-	1	2	1	2
Швидкість обертання бурової штанги, об/хв	10	25	5	10	5	10
Швидкість підйому бурової штанги, см/мін	10	50	7	30	5	30

Відмінності в технологіях між трьома приведеними варіантами полягають в наступному. Технологія JET1 є одноструменевою з використанням двох компонентів – води і цементу. Технологія порівняно проста і виконується спеціалізованим технологічним устаткуванням із застосуванням розчинонасоса високого тиску для нагнітання цементного розчину. Діаметри палів, що виготовляються, за цією технологією коливаються від 0,5 до 0,8 м.

Технологія JET2 є двохструменевою. Для цієї технології потрібний буровий інструмент, в порожнині якого є два роздільні канали для подачі по одному з них цементного розчину, а по другому - стислого повітря до вихідного сопла, де відбувається їх змішування. В результаті в соплі відбувається складання двох кінетичних енергій: цементного розчину і повітряного струменя. При цьому повітряний струмінь створює в ґрунті додатковий ефект кавітації, тобто ефект коливань, що сприяє кращим

руйнуванню ґрунту і перемішуванню цементного розчину з розпушеним ґрунтом. Діаметр паль в цьому випадку може досягати 0,8...1,5 м.

Технологія JET3 є трьохструменевою. У цьому варіанті усередині порожнистої штанги є три канали, по яких до вихідного сопла роздільно нагнітають цементний розчин, воду і стисле повітря. У вихідному соплі відбувається складання трьох кінетичних енергій з додатковим ефектом кавітації. Тим самим збільшується різальна і перемішувача здатність комплексного струменя. В результаті діаметр утворюваних паль збільшується до 1,2...2,5 м.

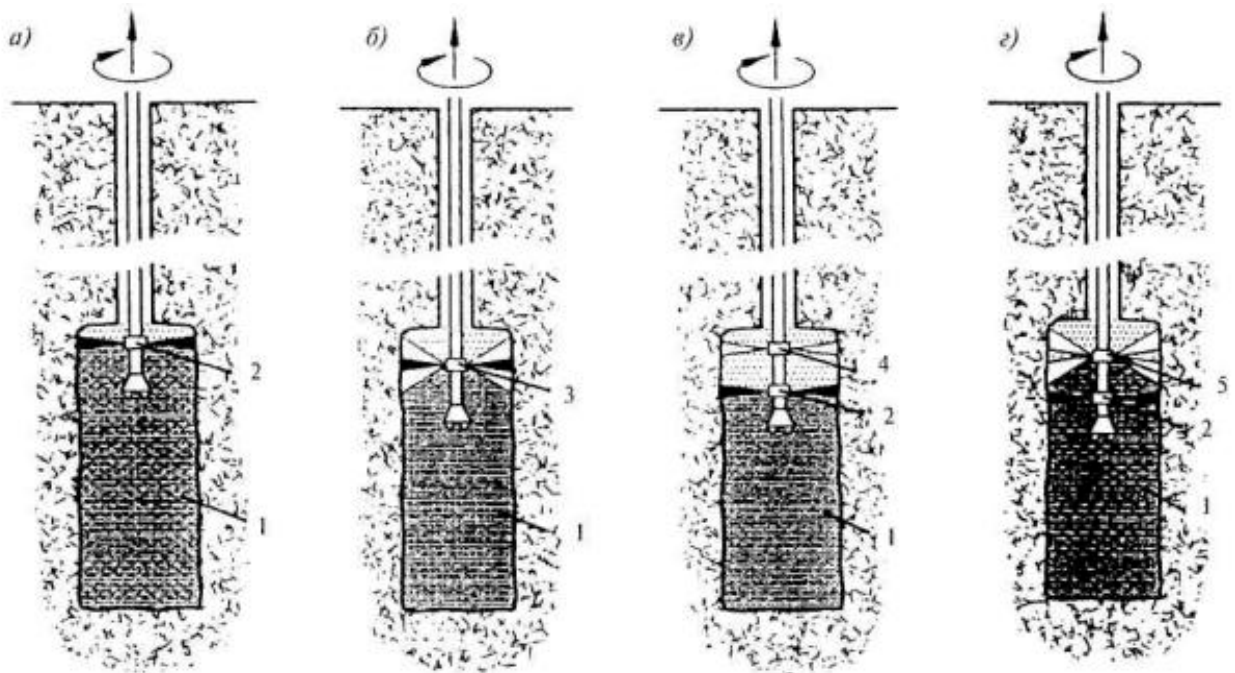
Третій варіант технологій має певні переваги, оскільки вимагає застосування розчинонасосів порівняльно невисокого тиску в порівнянні з іншими. З урахуванням складання трьох кінетичних енергій можлива заміна водяного насоса високого тиску насосом менших параметрів і тим самим застосовувати технологію струменевого змішувача для виготовлення ґрунтоцементних паль декілька менших діаметрів з використанням устаткування вітчизняного виробництва. Технологічна схема виробництва робіт за технологією струменевого змішувача приведена на рисунку 2.7.

Виготовлення паль за такою технологією виконують в два етапи – в процесах прямого і зворотного ходу бурової штанги. Під час прямого ходу проводять буріння лідерної свердловини до проектної відмітки. Буровий розчин поступає через відкритий прямий клапан в буровий наконечник для видалення шламу в процесі буріння. У якості бурового розчину використовують воду, бентонітовий (глиняний) і цементний розчин.

У момент початку зворотного ходу бурової штанги по трьом трубопровідним системах до вихідних сопел нагнітають цементний розчин, воду і стисле повітря під відповідним тиском. Під дією високошвидкісних струменів великої кінетичної енергії, що виходять з сопел, відбувається різання прилеглого до свердловини шару ґрунту, дроблення і змішування з цементним розчином. Оскільки в процесі підйому відбувається обертання

бурової штанги, то це забезпечує рівномірну розробку ґрунту по всій поверхні свердловини і формування циліндрової палі. По завершенню процесу формування палі і видалення зі свердловини бурової штанги в ґрунтоцементну суміш, що утворилася, занурюють арматурний каркас. Для цього застосовують віброзанурювачі, а з'єднання окремих секцій проводять за допомогою електрозварювання.

Схема формування палі показана на рисунку 2.7. Розміри зформованих палей по довжині визначаються товщею просідання ґрунту, а діаметр – матеріалом ґрунту. Діаметр палі за одних і тих же умов збільшується в такій послідовності: глина – суглинок – супісок – пісок і в цій послідовності збільшується в 1,5...1,8 разів.



а – однокомпонентна; б - двокомпонентна з повітряним струменем;

в - двокомпонентна з водяним струменем; г – трикомпонентна;

1 - ґрунтоцементна паля; 2 – форсунка для подачі цементного розчину;

3 - те ж, цементного розчину в повітряному потоці; 4 – форсунка для подачі води; 5 - те ж, для подачі води та повітря

Рисунок 2.7 – Технологічні схеми струменевої цементації ґрунтів

Як видно з рисунка, спосіб улаштування ґрунтоцементних паль включає наступні етапи:

1 – буріння свердловини діаметром 40...90 мм на проектну глибину без винесення ґрунту на поверхню;

2 – під високим тиском і кутом 90° до вісі бурової штанги (свердловини) проводять різання ґрунту при зворотних рухах бурової штанги.

Як ріжучий інструмент використовують спеціальні обертаючі форсунки, що забезпечує кругове зрізування ґрунту. По мірі зрізування виконують піднімання бурильної штанги із швидкістю в залежності від характеристик ґрунту. При цьому частина ґрунту може вимиватися на поверхню.

Процес різання поєднують із перемішуванням суміші. Для таких процесів використовують високу енергію струменя цементної суспензії, без або разом з водою та стислим повітрям.

3 – зрізування ґрунту зі стін свердловини та його розмивання здійснюється одночасово із змішуванням з цементною суспензією. При цьому утворюється цементно-ґрунтова маса густиною 1400...1900 кг/м³. В залежності від витрат цементу та характеристик розмитого ґрунту. Міцність утвореного ґрунтобетону може становити до 5...14 МПа.

4 – армування утвореного ґрунтоцементного масиву та з'єднання усіх оголовків виготовлених паль.

Технологіями передбачено використання портландцементу, портландцементу з активними мінеральними добавками, шлакопортландцементу марки 400, а при сульфатному середовищі – сульфатостійкого портландцементу. При необхідності в цементний розчин вводять добавки, регулюючі його властивості, зокрема терміни схоплювання і тверднення, пластичність, розшаровуваність. Кількість, що вводиться в ґрунтоцементну суміш в'язучого визначається конкретними умовами:

агресивність середовища, необхідна міцність утворюваної палі, техніко-економічні розрахунки на предмет доцільності, призначення споруди, режим його роботи. Ці показники встановлюють результатами моніторних випробувань.

Підбір марки і витрати цементу, складу цементноводної пасти, її в'язкості і щільності підбирають з подальшим коректуванням за наслідками експериментальних перевірок.

Буріння, подйом бурової штанги проводять секціями, для чого процес припиняють на час відповідного нарощування або видалень наступної частини.

Нагнітання проводять як зверху – вниз, так і знизу – вгору.

Залежно від пористості і фізичного стану ґрунтів на 1 м^3 їх об'єму витрачається від 0,15 до 0,6 м^3 розчину.

Нормальна тривалість процесу складає від 40хв до декількох годин.

Для підвищення несучої здатності, формування паль може виконуватися двома способами. При першому способі палі матимуть постійний діаметр, при другому – змінний. Це визначається відмінностями у фізико-механічних властивостях порід в інженерно-геологічних елементах (ІГЕ). Так, при постійному тиску розчину, що нагнітається, в кожному ІГЕ буде отриманий свій індивідуальний радіус розповсюдження струменя. Тому в цілях запобігання перевитраті розчину тиск встановлюють залежно від породи кожного елемента на основі інженерно-геологічних досліджень.

Утворені палі можуть мати форму циліндра (при обертанні штанги повністю навколо вісі), напівциліндра (обертання форсунок на 180°), або сектора (обертання форсунки на відповідний кут), тобто тільки під подошвою фундаменту. Палі по такій технології можуть бути виготовлені не тільки різної форми, але також любої глибини.

Технологія також може бути використана у варіанті улаштування паль під подошвою фундаменту. Для цього свердловину виготовляють в тілі з

послідуючими виконаннями решти технологічних процесів. Для підвищення несучої здатності утворені палі армують металевими трубами на всю висоту. Занурення армуючі елементів виконують до моменту втрати ґрунтоцементною сумішшю пластичності.

Струменеві технології в даний час мають перспективність за умови наявності високо напірного насосного обладнання.

Слід також зауважити, що технологія дозволяє використовувати тільки цементні суспензії, так як цементно-піщані суміші призводять до швидкого абразивного зношування сопел форсунок. Для покращення властивостей цементної суспензії та здешевлення рекомендують використовувати добавки бентонітової глини.

Таблиця 2.3 - Міцність ґрунтоцементних новоутворень

№ п.п.	Ґрунт	Міцність, МПа
1	Торф	<3,0
2	Мул	<12,0
3	Глина	<12,0
4	Суглинок	1,5-10,0
5	Супісь	5-14
6	Пісок	6-18
7	Ґравій	10-20

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКОНСТРУКЦІЙ ФУНДАМЕНТІВ В УМОВАХ ПРОСАДОЧНИХ ГРУНТІВ

3.1 Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів

Для вирішення потреб реконструювання фундаментів із значними ресурсозберігаючими результатами в будівельній практиці налічується декілька десятків способів та варіантів із них.

Кінцевим результатом кожного являється збільшення поверхні підшови фундаменту, утворення плями зміцненого ґрунту основи під підшовою (своєрідного фальш фундаменту), палі різних виготовлення та матеріалів.

Усі наявні технології умовно можуть бути поділені:

- без потреби або з необхідністю виконання земляних робіт для доступу до поверхні фундаменту;
- розширення підшови на бетонуванням додаткового шару або використанням збірних залізобетонних або металевих елементів для улаштування обійм, розширюючи поверхню підшови;
- наявність або відсутність збірних конструктивних елементів для розширення фундаментів;
- забезпеченість доступним технологічним обладнанням або потреба в унікальних засобах, переважно зарубіжного виготовлення та освоєння;
- видами потрібних джерел енергії для реалізації технології механічної, електричної, тиску рідинної фази завеликої величини або стислого повітря;

- видом та вартістю матеріалів – цементний бетон, ґрунтобетон, ґрунт, цемент, металургійні шлаки;
- за термінами виконання;
- вплив та залежність умов виконання робіт;
- нормативні терміни виконання робіт;

Раніше наведені результати аналізу відомих технологій вказують на головні критерії вибору найбільш сприятливих із них. До їхнього переліку можуть бути віднесені:

- формування під подошвою фундаменту або фундаментної плити плями із зміцненого ґрунту основи;
- буро набивні, в тому числі з можливим додатковим ущільненням електроімпульсними розрядами;
- буроін'єкційні;
- струменеві ґрунтозмішувальні;
- ґрунтозмішувальні механічного різання ґрунту;
- палі вдавлювання;
- перенесенням навантаження від колони на додаткові палі.

Послідуючи розроблення та аналіз конструктивно-технологічних вирішень стосовно названих технологій потрібно керуватися оціночними критеріями, до яких слід віднести наступні:

- необхідність та обсяги земляних робіт;
- наявність потрібного парку машин, механізмів та технологічного оснащення;
- надійність та спрощеність технологічних процесів без потреби висококваліфікованих спеціалістів;
- можливість використання доступних і недефіцитних матеріальних ресурсів, в тому числі зрізуваних в процесі виготовлення свердловин ґрунтів основ;
- сприятливі економічні, екологічні та соціальні результати.

3.2 Використання технології підсилення фундаментів ґрунтозмішувальними способами

Для підсилення фундаментів можуть застосовуватися різні технології. В кожному конкретному випадку можуть бути підібрані технологічні прийоми залежно від визначальних факторів, зокрема від мети робіт по реконструкції (попередження аварійно деформованого стану будівлі, необхідність збільшення навантаження на будівлю, зведення нової будівлі поряд із старою, прокладка глибоких інженерних мереж і ін.). Важливим фактором також є конструктивні особливості будівлі, стан ґрунту в основі, геологічні характеристики майданчика.

Ґрунтозмішувальні технології підсилення фундаментів направлені на формування своєрідних горизонтальних паль – армуючих елементів, призначених замінити ґрунт основи під подошвою фундаменту на міцний одним або декількома рядами горизонтально розташованих у подошви елементів з цементґрунтової суміші.

Технологічне оснащення і параметри технології дозволяють влаштовувати горизонтальні опорні армуючі елементи безпосередньо під подошвою фундаменту, або нахиленими, що пронизують товщу ґрунту.

Комплекс технологічного устаткування і пристосувань включає:

– компактний пересувний верстат горизонтального буріння з буровою штангою спеціальної конструкції; розчинозмішувач і розчинонасос; комплект гнучких гумовотканинних рукавів підвищеного тиску із скріплюючою арматурою, контрольними і запобіжними приладами. Буровий верстат завдяки невеликим габаритам дозволяє виконувати роботи в обмеженому просторі відрилого котловану. Бурова штанга усередині порожниста, а на зовнішній поверхні є шнек по всій довжині. Верхня частина порожнистої штанги обладнана пристосуванням, так званим вертлюгом, який

дозволяє подавати цементну пасту в порожнину штанги при її обертанні. На нижньому кінці бурової штанги є бурова коронка з різальними ножами, які розкриваються і виходять за контур штанги при її зворотному ході і які призначені для різання ґрунту із стін розробленої при прямому ході свердловини. У нижній частині бурової штанги є також отвори для виходу цементної пасти, що поступає в порожнину.

Технологічний процес підсилення фундаментів так званими горизонтальними армуючими елементами або палями виконують в такій послідовності:

- спочатку комплектують устаткування, пристосування, необхідні матеріали у відповідності із заздалегідь розробленим ПОБ або ПВР (технологічною картою).

- будівельний майданчик організують зі створенням оптимальних умов виконання робіт і безпеки з урахуванням виробничого процесу біля експлуатованої будівлі. На будівельному майданчику розміщують устаткування, комплектують необхідним оснащенням і пристосуваннями. Проводять його випробування на предмет придатності і здатності розчинопроводу забезпечити необхідну герметичність.

- по завершенню підготовчих робіт приступають до риття котловану уздовж фундаменту. Залежно від проектної кількості рядів улаштування армуючих елементів визначається його глибина з розрахунку розміщення верхнього ряду безпосередньо під подошвою фундаменту. Якщо кількість рядів більше двох і забезпечується стійкість стінок котловану без додаткового кріплення, тоді улаштування армуючих рядів виконують «від низу до верху». Тому котлован має глибину з урахуванням можливого виконання буріння ґрунту для нижнього ряду. У разі недостатньої стійкості стінок котловану, роботи по пристрою армуючих рядів виконують зверху «вниз». Тоді відстань між подошвою фундаменту і днищем котловану встановлюють до 0,5м. Потім після виконання верхнього ряду котлован

послідовно заглиблюють для виготовлення нижніх рядів. При необхідності стінки котловану укріплюють з розривами в обшивці, які призначені для розробки відповідних рядів армуючих елементів.

Таблиця 3.1 - Орієнтовне значення модуля деформації ґрунтоцементу E_{stb} , МПа, з ґрунтів, зміцнених портландцементом ПЦ 500 (при обробці ґрунту глибинним перемішуванням)

Вид укріплюваних ґрунтів	Дозування цементу, % за масою (кг/м ³)					
	4 – 6 (80-120)	6-8 (120-160)	8-10 (160-200)	10-12 (200-240)	12-14 (240-280)	14-16 (280-320)
Пісчано-гравійні і щебеневі суміші	80-110	100-140	120-180	150-210	-	-
Гравійні щебеневі або дресв'яні ґрунти	70-90	90-120	130-160	140-180	-	-
Гравелисті піски	70-90	90-120	130-160	140-180	-	-
Піски крупні і піски середньої крупністю	80-100	100-120	120-140	140-160	160-200	-
Піски мілкі і пилуваті	-	80-100	100-120	120-140	140-160	-
Супіски	-	70-110	90-130	110-150	120-200	140-160
Суглинки	-	-	60-110	80-130	90-150	110-170

При високому рівні ґрунтових вод виконують роботи по водопониженню шляхом улаштування приймального зумпфа і відкачування за допомогою насоса.

На дно котловану укладають настил і рейки, призначені для переміщення бурового верстата в комплекті з буровою штангою, розчинопроводом і електрокабелем. Після установки бурового верстата на рейки в котловані виконують підключення електроживлення і розчинопровода з подальшим випробуванням роботопридатності.

До моменту початку бурових робіт готують цементноводяну пасту і приводять в робочий стан розчинонасос.

Після цього включають в роботу бурову штангу, яка розробляє горизонтальну свердловину з частковою виїмкою ґрунту шнеком, що обертається. По завершенню розробки свердловини буровій штанзі надають зворотний хід і зворотнє обертання. У цей момент розкриваються ножі бурової коронки, які починають розробляти ґрунт уздовж стін свердловини і спускають його. Одночасно з початком різання і спущення розчинонасос через вертлюг нагнітає в порожнину бурової штанги цементну пасту, яка виходить крізь отвори бурової коронки і змішується ножами, що обертаються, з розпушеним ґрунтом.

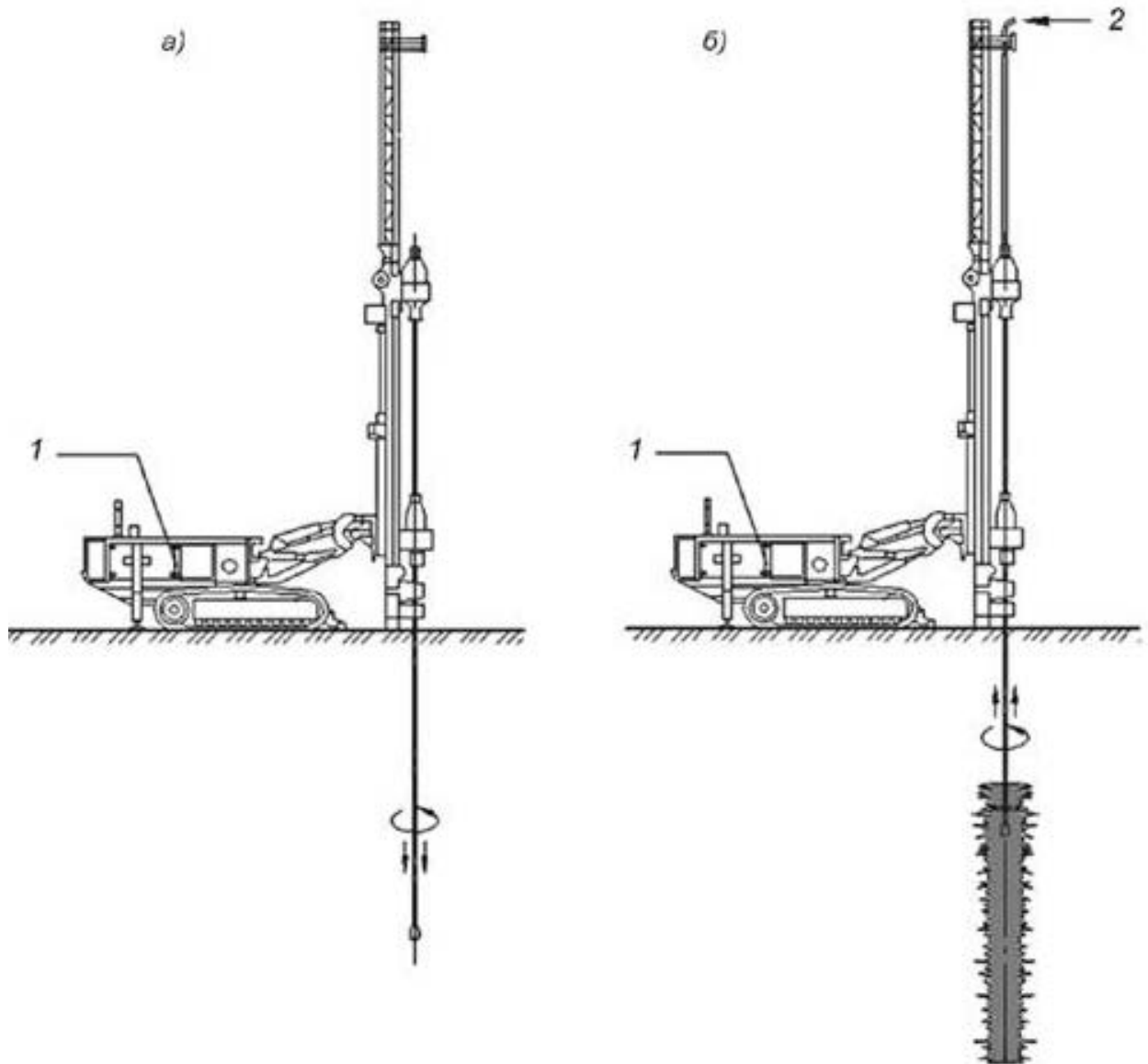
В результаті утворюється цементно-ґрунтова суміш, в якій частинки ґрунту грають роль заповнювача і яка після тверднення набуває камнеподібного стану достатньої міцності, тобто ґрунт в свердловині рихлої структури перетворюється на міцний армуючий елемент.

По закінченню зворотнього ходу бурову штангу витягують і промивають струменем води.

У свердловину, заповнену цементно-ґрунтовою сумішшю, вводять арматурний каркас, який може складатися з декількох секцій. При зануренні залишають 200 мм для зварювання з подальшою секцією. Армокаркаси занурюють за допомогою віброзбудників.

Якщо армуючі елементи розміщуються в декілька рядів, тоді по закінченню улаштування одного ряду верстат, рейки і настил підіймають з котловану.

Потім днище котловану заглиблюють або засипають для улаштування наступного ряду армуючих елементів у відповідність з прийнятою черговістю робіт «зверху – вниз» або «від низу до верху». Цикл виробничого процесу повторюється для кожного ряду.



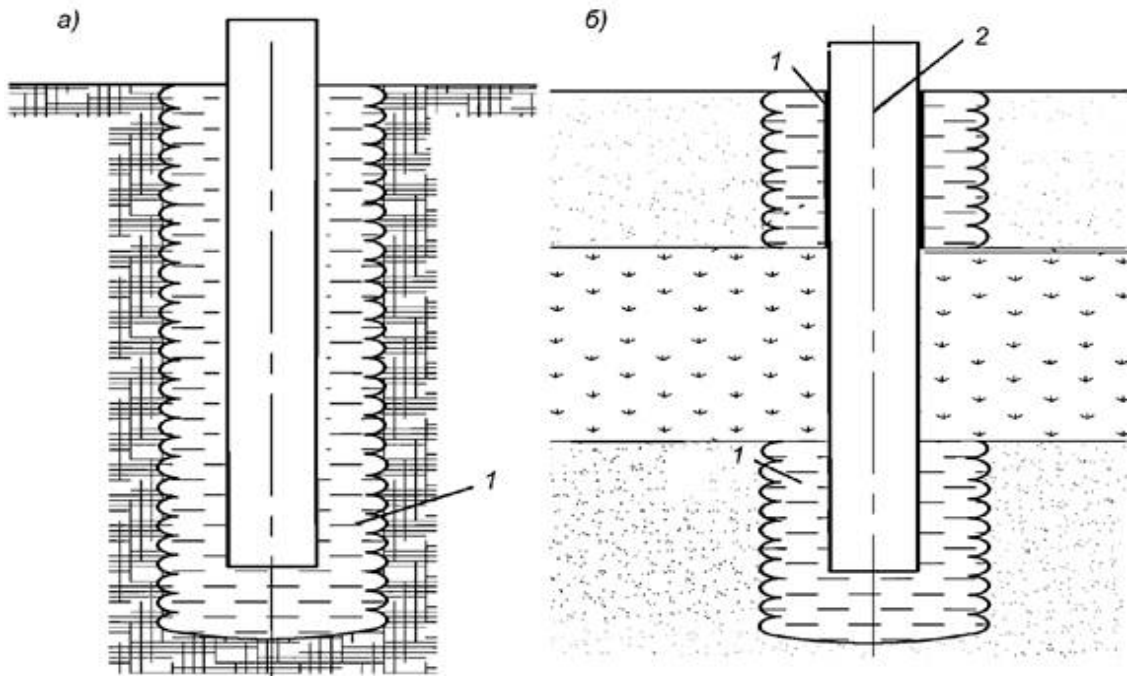
а) - буріння лідерної свердловини до позначки низу елемента (прямий хід);

б) – влаштування ґрунтоцементного елемента (зворотній хід);

1 - бурова установка; 2 - цементний розчин

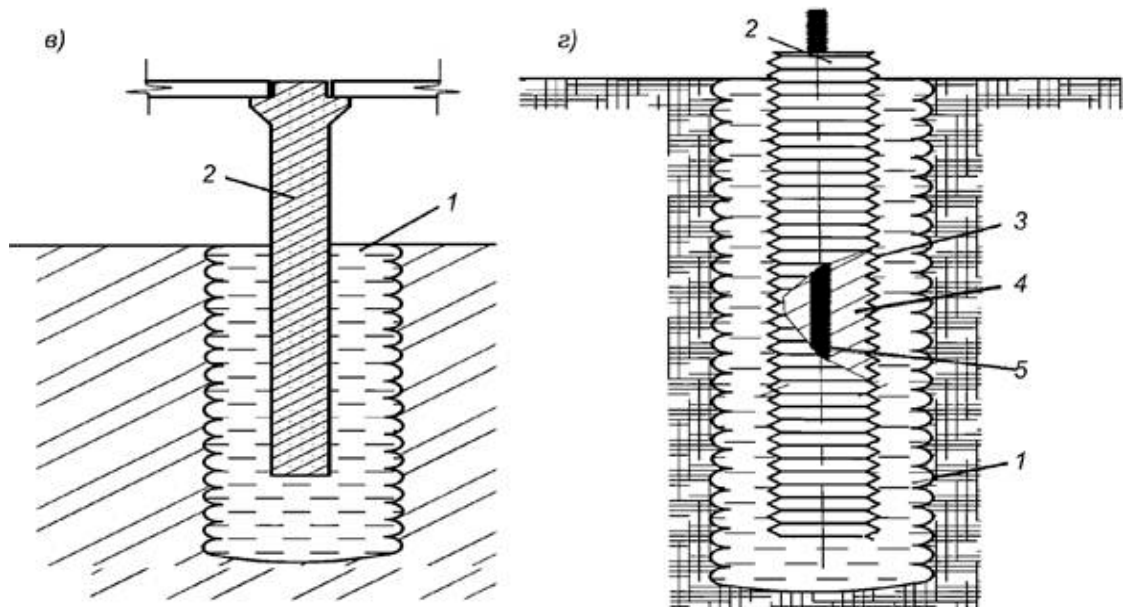
Рисунок 3.1 - Технологія влаштування ґрунтоцементних елементів

Міцність цементогрунтових елементів визначається вмістом цементу в суміші, який повинен перевищувати 20...25% від маси ґрунту.



a) - схема комбінованої палі з сердечником; *б)* - схема комбінованої палі в наливних і просадочних ґрунтах; 1 - ГЦЄ; 2 - залізобетонний сердечник; 3 - гофрована пластикова захисна труба; 4 - мілкозернистий бетон; 5 - сталевий арматурний стрижень періодичного профілю

Рисунок 3.2а - Типи армуючих елементів



в) - схема комбінованої палі з залізобетонною колоною в якості сердечника; *г)* - схема комбінованої палі з захистом арматурного сердечника
1 - ГЦЄ; 2 - залізобетонний сердечник; 3 - гофрована пластикова захисна труба; 4 - мілкозернистий бетон; 5 - сталевий арматурний стрижень періодичного профілю

Рисунок 3.2б - Типи армуючих елементів

Технологія виготовлення горизонтальних армуючі елементів:

- демонтаж вимощення (відбійними молотками або ковшем екскаватора) біля будівлі;

- розробка котловану (6x2м) з використанням екскаватора. Глибина визначається відміткою підшови фундаменту та необхідною кількістю рядів армуючі елементів. Армуючі елементи (ряди) – готують «зверху-вниз» або «знизу-вверх»;

- улаштування дощатого настилу з рейками для переміщення бурового станка (горизонтального буріння). Стінки котловану в залежності від характеристики ґрунтів і глибини можуть закріплюватись інвентарними щитами або без закріплення. В разі слабких ґрунтів поверху котловану готують пояс, який обв'язує щити і попереджає обвалення;

- на направляючі рейки встановлюють буровий станок та монтують усю систему нагнітання цементного розчину в порожнину бурової штанги;

- з початком буріння готують розчин (1:1...1:2 – цемент:вода). При цьому попередньо необхідно зробити випробування обладнання та системи нагнітання на герметичність. Буріння горизонтальних свердловин проводять без виносу ґрунту із свердловин. Після закінчення буріння буровій штанзі надають зворотні обертання і хід. Одночасно ножі відкриваються та зрізують ґрунт з поверхні свердловини. В цей час в порожнину штанги нагнітають цементний розчин, який на виході змішується з ґрунтом і в результаті утворюється ґрунтоцементна суміш. По закінченню виготовлення елемента, станок переміщують по фронту робіт і готують інші елементи. Якщо армуючі елементи готують в декілька рядів по принципу «зверху-вниз», тоді демонтують станок та настил і котлован додатково розробляють на глибину у відповідності з розмірами армуючих елементів. Після додаткової розробки котловану цикл повторюють.

Якщо роботи виконують «знизу-вверх», тоді після виготовлення усіх армуючих елементів демонтують обладнання, настил, рейки і після цього

котлован засипають на висоту, що відповідає розмірам елементів.

Виготовлення нахилених ґрунтоцементних паль проводять по такій же технології без розробки котловану та за допомогою бурового станка, встановленого на нахилений тринозі.

Технологія, призначена для умов щільної забудови.

Як видно, міцність зразків може доходити до величини бетону класу В35 (марка М500), що цілком забезпечує несучу здатність матеріалу.

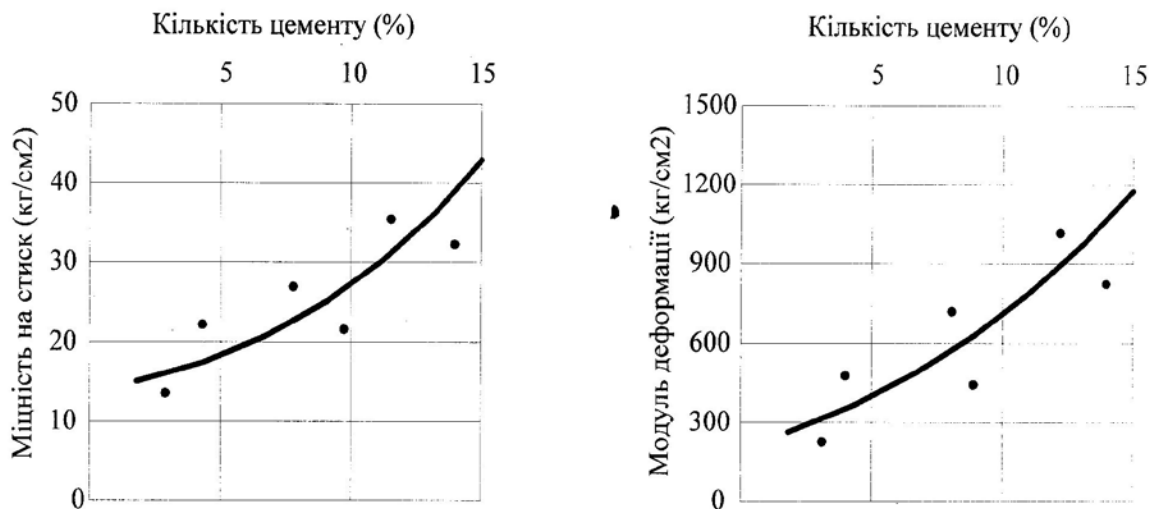
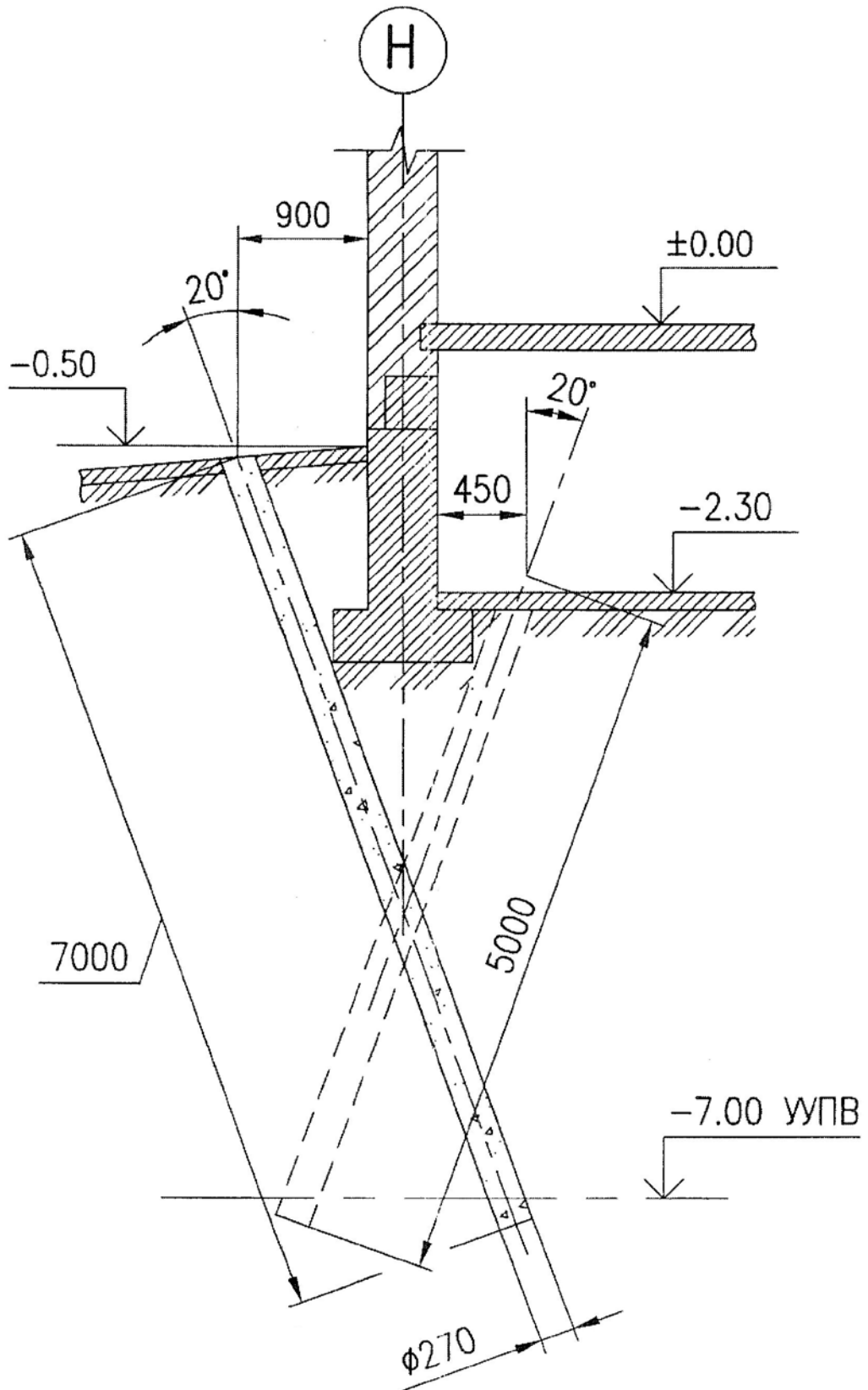


Рисунок 3.3 - Залежність межі міцності на стиснення і модуля деформації ґрунтоцементних зразків від вмісту цементу

Фундаменти експлуатованих будівель і споруд крім горизонтальних можуть посилюватися також похилими елементами, виконаними за такою ж технологією. Схема організації робіт по підсиленню фундаментів похилими елементами приведена на рисунку 3.4.

Як видно, сформовані цементно ґрунтові елементи, будучи розташованими під подошвою фундаменту, виконують свого роду роль другої подошви більшої поверхні. Технологія дозволяє формувати елементи діаметром до 500 мм і завдовжки до 30м.



1 – існуючий фундамент; 2 – цементгрунтові палі

Рисунок 3.4 - Схема підсилення фундаменту нахиленими цементгрунтовими палями

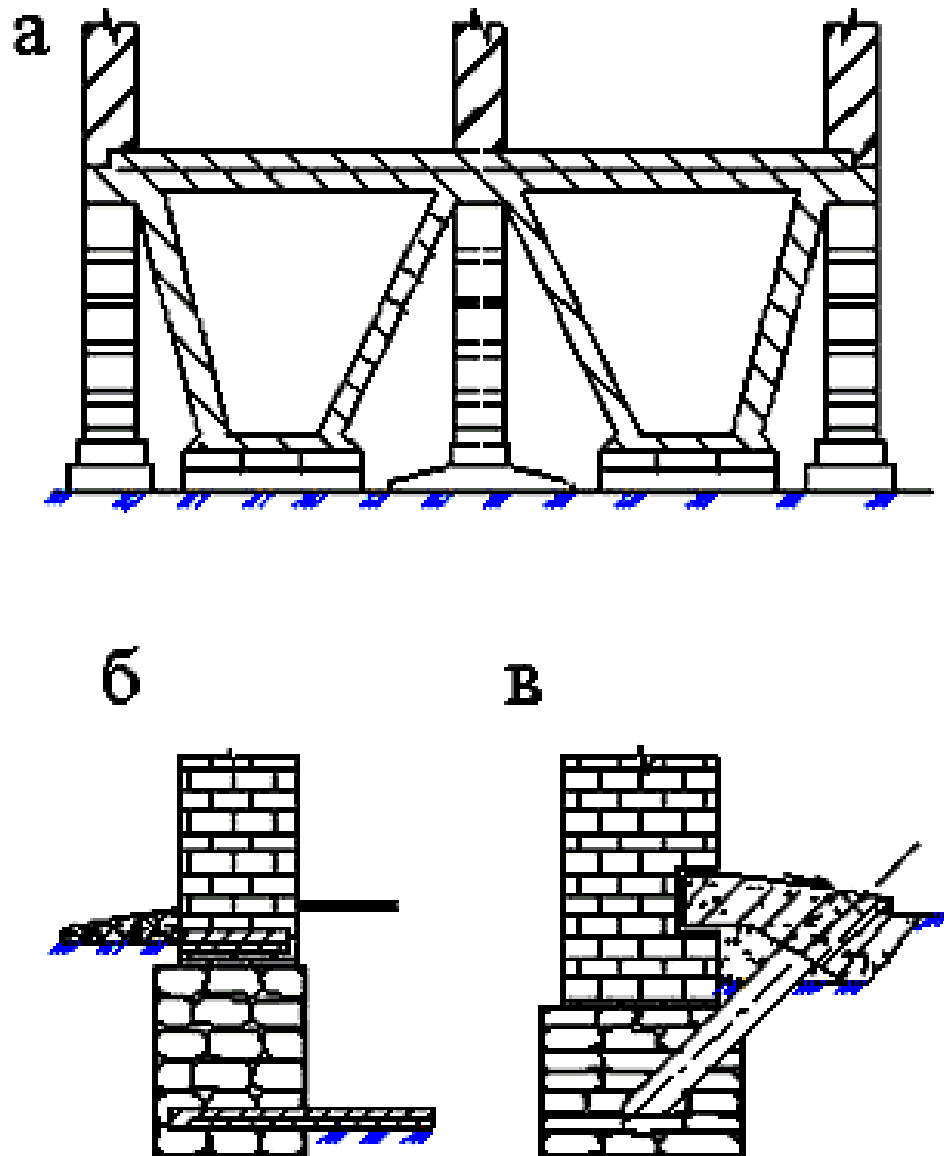
З урахуванням відносної технологічності, практичні освоєності, достатній надійності технології посилення фундаментів цементгрунтовими горизонтальними або похилими елементами (палями) можуть оцінюватися як перспективні.

Подальшим вдосконаленням традиційних технологій підсилення способом розширення підшви. На сучасному етапі з'явилося включення додаткових конструкцій, що передають навантаження від будівлі на ґрунт поза зоною розміщення наявних фундаментів.

У тих випадках, коли несучої здатності такої плити може виявитись недостатньо, тоді використовуються технології установки додаткових паль. Для цього в плиті готують отвори, призначені для заглиблення паль. Процес заглиблення здійснюють вдавлуванням за допомогою домкрата. В якості пристосування для опори домкрата застосовують П-подібне коромисло, яке кріплять до плити за допомогою гвинтових анкерів, закріплених в плиті.

Палі вдавлюють зусиллями, створюваними гідродомкратами. Застосовують багатосекційні палі, які стикуються по мірі занурення попередніх секцій.

У розглянутих технологічних рішеннях найбільш складною операцією є установка опорної плити в тіло існуючого фундаменту і необхідність розробки ґрунту в їх основі. Тому перспективнішою є технологія, заснована на використанні збірних плит, що влаштовуються в підвалах будівель (рис. 3.1). У цих варіантах навантаження на плити передаються через нажимні рамні конструкції, які упираються в монолітне перекриття.



а - влаштування збірних або монолітних рам в підвалі;

б, в – виносні консолі і плити

Рисунок 3.5 - Вдосконалені методи підсилення фундаментів на основі традиційних

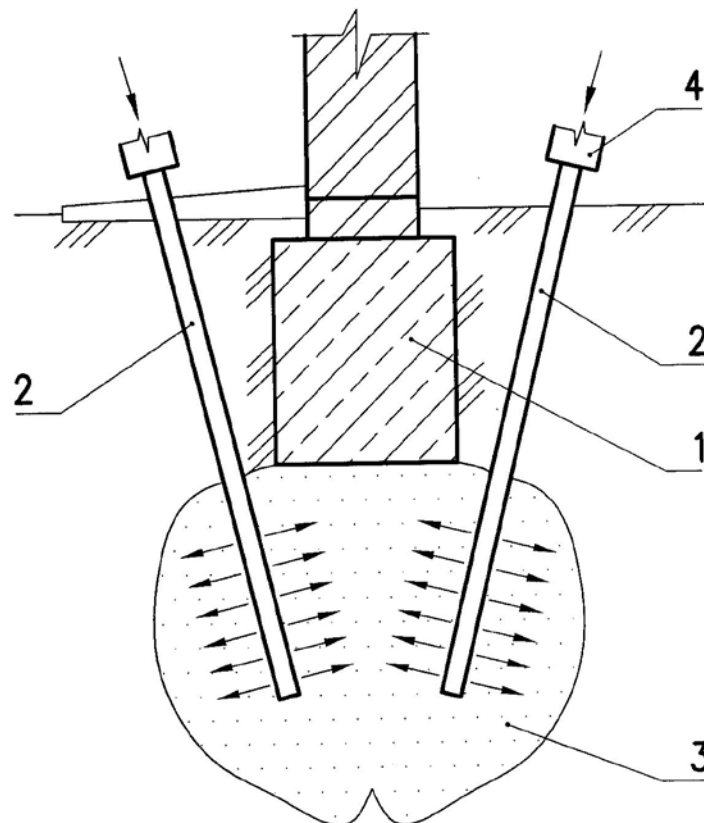
Технологічний процес включає наступну послідовність. Спочатку підсилюють опорну частину стіни. Вмонтовують готові або бетонують опорні залізобетонні плити на підлозі підвалу.

Потім зводять нажимні рамні конструкції між перекриттям підвалу і опорними плитами.

3.3 Технології підсилення фундаментів формуванням плями закріпленого ґрунту під подошвою

В основі технології підсилення фундаментів шляхом формування плями підвищеної щільності і міцності з ґрунту лежить метод ін'єктування закріплюючих сумішей. Суть технології полягає, по-перше, в насиченні нещільностей ґрунту спеціальними матеріалами і, по-друге, скріпленні або склеюванні окремих частинок ґрунту в міцний моноліт. В результаті досягається свого роду ефект розширення подошви фундаменту елементом підвищеної міцності і дзеркала його поверхні з достатньою несучою здатністю.

Технологічна схема ін'єктування приведена на рисунку 3.6.



1 – існуючий фундамент; 2 – ін'єктори; 3 – ґрунт, який закріплюється; 4 – шланг для подачі розчину

Рисунок 3.6 - Нагнітання розчину в ґрунт основи

Важливими факторами, що забезпечують ефективність технології, є спосіб насичення ґрунту і підбір зміцнюючих сумішей. Як наголошувалося вище, ряд реагентів не відповідають умовам екологічної безпеки і з цієї причини можуть розглядатися цементні і силікатні (рідинне скло) суміші. При цьому останній реагент належить до дефіцитних з підвищеною вартістю. Найбільш перспективними можуть розглядатися цементні пастоподібні суміші.

Для виконання робіт використовується комплект спеціального технологічного оснащення:

- ін'єктори, тобто перфоровані трубки діаметром 50...75 мм з отворами 3...4 мм і завдовжки, рівній відповідній товщі закріплюваного ґрунту;
- технічні засоби для впровадження ін'єкторів в ґрунт. До їх числа можна віднести гідродомкрати, лебідки, віброзанурювачі, бурові машини для улаштування лідерних свердловин, в які потім занурюють ін'єктори;
- насосні установки, здатні примусово подавати цементний розчин через отвори ін'єктора в товщу ґрунту;
- ємкісна апаратура для зберігання компонентів суміші;
- розчинозмішувач;
- комплект металевих труб з гумовотканинними елементами для транспортування цементного розчину від насосної установки до ін'єкторів;
- комплект скріплюючої контрольної і запобіжної апаратури;

Підготовча стадія робіт включає:

- оцінка стану ґрунтів основи, для чого розробляють контрольну свердловину, беруть відбір проб для визначення необхідних параметрів технологічного оснащення і процесу нагнітання розчину;
- підбір технологічного оснащення необхідних параметрів;
- розрахунок параметрів технологічного процесу, включаючи діаметр, довжину і отвори ін'єктора, склад цементного розчину і його

рухливість, робочий тиск суміші, що нагнітається, кількість і відстань між ін'єкторами на ділянці нагнітання;

- визначення способу занурення ін'єкторів;
- розробка технологічної карти з планом розташування технологічного оснащення, вказівки по виконанню робіт, заходами щодо безпеки і контролю якості;
- ревізія технічного стану устаткування і пристосувань, робочої арматури;
- підготовка необхідної кількості цементу, добавок, води;
- монтаж технологічного устаткування і його випробування;

Технологічний процес цементації плями ґрунту під подошвою фундаменту включає декілька операцій:

- впровадження ін'єкторів в ґрунт одним із запроєктованих способів. Оптимальним варіантом в умовах експлуатованої будівлі може бути втискування за допомогою гідродомкратів або лебідки в комплексі з поліспастом. Ін'єктори ставлять під кутом в залежності габаритних розмірів фундаментів з тим, щоб забезпечити можливість насичення ґрунту в зоні біля подошви. Відстань між ін'єкторами дорівнює $2R$, де R -радіус проходження цементної пасти в ґрунті. Радіус залежить від характеристики ґрунту і устаткування, яке створює тиск нагнітання. Можливий радіус закріплення ґрунту визначають за наслідками експериментальних досліджень з подальшими розрахунками потрібної відстані між ін'єкторами і потрібної кількості закріплюючого матеріалу.

- почергове занурення ін'єкторів в ґрунт. У разі необхідності проводиться зварювання занурених і подальших секцій.

- розміщення на виробничому майданчику технологічного устаткування з монтажем комунікацій, перевірка герметичності стикових з'єднань, перевірка надійності скріплюючої, контролюючої і регулюючої апаратури.

- виконання комплексу заходів щодо продуктивного і безпечного виконання робіт, включаючи вимоги, пов'язані з умовами діючої будівлі, або споруди.

- підготовка ін'єктованих сумішей у відповідність з прийнятим варіантом підсилення. У разі цементації готують потрібний запас портландцементу або шлакопортландцементу марок М400 або М500. Для процесу ін'єктування готують пастоподібну суміш з водою в співвідношенні 1:1 або 1:2 залежно від щільності ґрунту. При однокомпонентній силікатизації готують розчин натрієвого рідкого скла щільністю близько 1200 кг/куб, а при двокомпонентній готують ще розчин хлористого кальцію з розрахунку 1:2.

- по завершенню усіх підготовчих робіт проводять ін'єктування відповідних цементних паст або рідкого скла без або з реагентом. Нагнітання виконують за допомогою насосів середнього тиску або стислого повітря від компресорних установок, забезпечених ресіверами. У разі використання стислого повітря, його подають в баки з ін'єктованими матеріалами, звідки проводиться їх витискування по трубопроводній системі в ін'єктори. Цементування виконують під тиском 0,5...0,6 МПа. Кількість пасти, що подається, встановлюють виходячи з витрати цементу в співвідношення 0,2...0,4 від об'єму закріплюваного ґрунту. У разі застосування однокомпонентної силікатизації ін'єктування виконують під тиском 0,6...1,5 МПа з розрахунку подачі на один ін'єктор 1...5 л/хвилину розчину рідкого скла. Якщо проводиться двокомпонентна силікатизація, тоді розчини рідкого скла і хлористого кальцію подають по черзі з інтервалами 1...24 години залежно від коефіцієнта фільтрації і швидкості руху ґрунтових вод. Співвідношення між компонентами приймають рівним 1:2.

Контроль якості процесів ін'єктування виконують наступним шляхом:

- забиванням контрольних інжекторів біля зони нагнітання (розрахунковою) для визначення монолітності і конфігурації сформованої

плями;

- бурінням контрольних свердловин для відбору проб і визначення міцності і водостійкості зміцненого ґрунту;

- порівнянням відповідності поданої і розрахункової кількості матеріалу;

- після закінчення робіт і встановлення відповідності досягнутих параметрів проводять демонтаж устаткування і витягання ін'єкторів. Отвори, що утворилися в ґрунті, заповнюють цементним розчином. Для витягання ін'єкторів зазвичай використовують вібраційні пристосування і лебідки з поліспасти.

Розглянутий технологічний процес може бути використаний при підсиленні фундаментів стаканного і стрічкового типів. В останньому випадку ін'єктори розміщують уздовж фундаменту, як правило, із зовнішнього боку будівлі.

При використанні технології ін'єктування крім основного ефекту мають місце і допоміжні процеси, пов'язані з ущільненні ґрунту при зануренні ін'єкторів і заповненням отворів, що утворилися при їх витяганні. Заповнені цементним розчином отвори є своєрідними палями, які збільшують несучу здатність фундаменту.

Технологічний процес:

- 1) Шляхом відбирання проб зразків ґрунту визначають його характеристики та розраховують потрібний тиск, відстань між отворами для формування потрібних утворень цементного каменю корневидного типу.

- 2) Заглиблення ін'єкторів на потрібну глибину вертикально або, в разі потреби, під певним нахилом (під фундамент).

Після компоновки систем подавання цементного розчину проводять випробування під тиском (водою)

$$P_v = (P_p + 0,5) \text{ МПа} \quad (3.1)$$

При цьому звертають увагу на надійність кріплення та показників апаратури.

3) Готують цементну пасту, склад: 1 : (1...2)

4) Нагнітання цементної пасти проводять в послідовності –«зверху вниз» переривистим способом.

Після початкового нагнітання систему витримують під робочим тиском до початку моменту тужавлення:

$$тп.схв.>40...45 \text{ хв} \quad (3.2)$$

$$тк.схв.<10...12 \text{ год} \quad (3.3)$$

В момент початку тужавлення проводять повторне нагнітання. В разі відказу, залишають систему не менше ніж на 1 добу.

Після 1 доби або більше проводять нагнітання наступного горизонту ґрунту.

3.4 Технології підсилення фундаментів палями вдавлювання

Технології підсилення фундаменту палями вдавлювання базуються на зануренні паль під дією тиску в безпосередній близькості від фундаменту з подальшою передачею частини навантаження через опорні плити. В результаті зменшується навантаження на існуючі фундаменти і ґрунти на їх підшві.

Технологічне устаткування повинне забезпечити передачу зусиль тиску на оголовок занурюваної палі. Для цих цілей використовують:

- гідравлічне устаткування екскаваторів;
- поліспасти механізми;
- копрові стояки ,змонтовані на стрілі крана;
- гідродомкрати зусиллям 2000...5000 Кн.

Важливе місце в оснащенні займає опорно-розподільча плита, між якою і оголовком палі можливо створити необхідний тиск робочого органу механізму відповідного устаткування.

Саме опорно-розподільча плита сприймає реактивні зусилля, які виникають при тиску на палю. В опорній плиті повинно бути 2-а або 4-и симетрично розташованих отвори для подальшого заповнення порожнин палі бетоном.

З урахуванням обмеженого робочого простору в умовах експлуатованих будівель найбільш прийнятним устаткуванням для втискування можуть бути гідродомкрати.

Палі вдавлювання можуть бути металевими або залізобетонними, одно- або багатосекційними. В умовах обмеженого робочого простору використовують короткі палі, які по мірі занурення нарощують окремими секціями. Металеві палі зварюють, залізобетонні мають розтруби, призначені для з'єднання секцій. Роботи виконують згідно ПВР або технологічної карти. Заходи щодо виконання самого процесу і безпеки узгоджуються з представниками адміністрації експлуатованої будівлі.

Технологічний процес починають з підготовки робочої площі згідно заходів ПВР, вимог і нормативів в частині створення умов виконання та безпеки робіт.

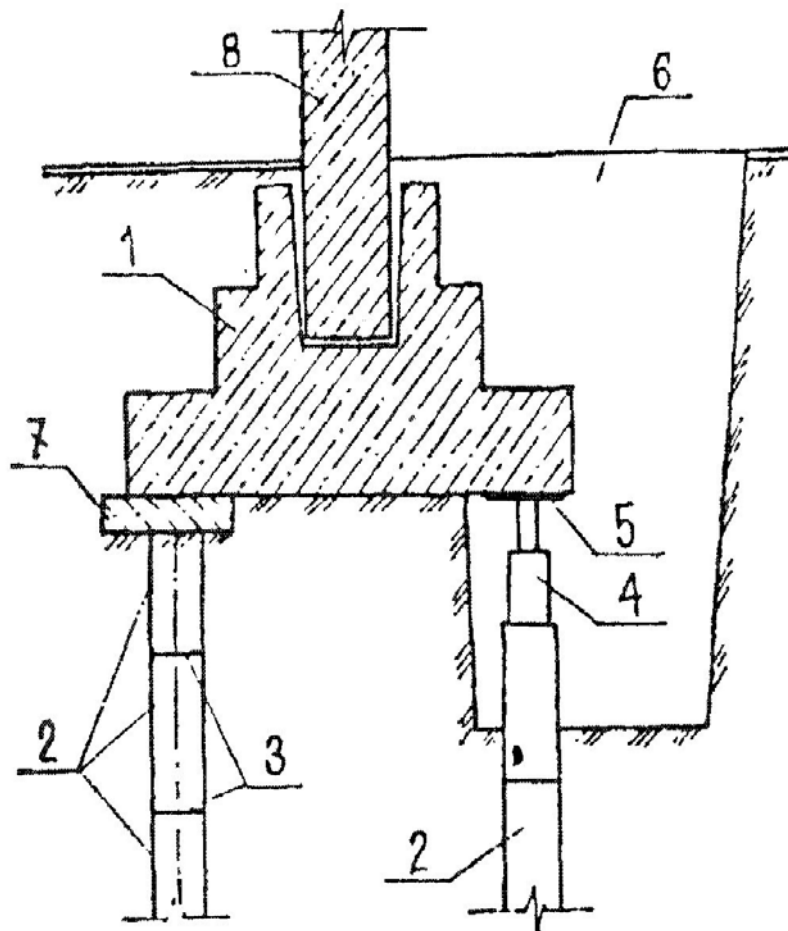
Для можливості вдавлювання навколо фундаменту або з двох його сторін розробляють котлован на глибину, достатню для заглиблення однієї секції палі і розміщення гідродомкратів над нею, а також опорної плити навколо фундаменту (рис. 3.8).

Технології реконструкції фундаментів вдавлюваними палями дозволяють усунути шкідливу дію динамічних та вібраційних способів, що надає статичним способам вдавлювання певні переваги, в тому числі відсутня небезпека нерівномірних осаджень, тріщини утворення, руйнування.

Вдавлювання палі виконують, як правило, за допомогою

гідродомкратів, що потребує необхідності мати установки або пристосування для сприймання реактивних зусиль від дії домкратів. Як раз наявність пристосувань для створення умов фіксації опорної поверхні гідродомкратів становить головні вимоги для забезпечення використання технології.

Для підсилення фундаментів палями вдавлювання потрібні малогабаритні мобільні вдавлюючі установки, придатні для роботи в стиснених умовах, в тому числі біля стін будівель, в підвалах, на ростверку палі, біля фундаменту.



- 1 – підсилюваний стовпчастий фундамент; 2 – секції залізобетонних палі;
 2 – стики палі; 4 – гідравлічний домкрат; 5 – металева підкладка; 6 – шурф;
 7 – монолітна залізобетонна плита (встановлюється ділянками після вдавлювання палі); 8 – колона

Рисунок 3.8 - Передача навантаження від фундаменту на багатосекційні залізобетонні палі, заглиблені вдавлюванням

Для сприйняття реактивної дії гідродомкратів використовують, як правило залізобетонні вироби, в тому числі у вигляді прямокутної форми або плит, відповідної маси. В умовах реконструкції і стисненої виробничої площі можуть бути використані пересувні або переносні залізобетонні вироби з анкерними болтами, заглибленими в бетонне тіло або встановленими наскрізь. Анкери призначені для кріплення верхньої перемички, призначеної для спирання нерухомої частини домкрата та сприйняття реактивних зусиль його дії.

Таке пристосування працює на принципах розпирання, коли зусилля домкрата спрямовані на оголовок палі, а реактивні сили при цьому сприймає анкерне пристосування у вигляді перегородки, під якою розміщений домкрат. Несуча здатність, тобто роботопридатність, забезпечують міцність анкерного кріплення (витягування із бетону) та опором до згину анкерної перемички.

В залежності від потреб, вдавлювання здійснюється двома домкратами, розміщеними навколо отвору перемички. Отвір призначений для подавання секцій паль.

Основа домкратів (опірня площина) може кріпитися до перемички болтами.

Послідовно через ці вікна ведеться занурення паль до досягнення ними проектної несучої здатності. Потім голова палі повинна бути омонолічена з плитою. Залізобетонна плита в даному випадку буде грати роль пального ростверку, не віднесеного до спільну роботу з ґрунтом основи.

Аналогічним чином було проведено посилення плитного фундаменту розподільчої станції Кемеровського коксохімічного заводу, яка мала аварійні деформації [40]. Основа плити піддалася розмиву водами аварійного колектора. У фундаментній плиті були пробиті отвори, розміром в плані розміром 0,5x0,5 м. Через які занурювалися в ґрунт 3 металевих трубчастих паль діаметром 128 ... 146 мм, довжиною 7 ... 9 м, кроком 1,4 .. 2 , 4 м.

До вістря паль була приварена плоска металева п'ята діаметром 160 мм.

Вони працюють як палі-стійки, так як своїм вістрям спираються на галечникові ґрунт. З'єднання елементів паль завдовжки 0,5 ... 1,0 м здійснювалося електрозварюванням. Їх вдавнення велося механічними гвинтовими домкратами з електроприводом.

Робочий хід домкратів становив 0,5 м Домкрати упиралися в рами, приварені до робочої арматури плити. Робоче навантаження на палі була прийнята 200 кН. При досягненні галечника паля обжимаються зусиллям 300 кН. Включення паль в спільну роботу з плитою було вироблено при розрахунковому навантаженні. Внутрішня порожнина паль заповнювалася бетоном. Деформації будівлі були зупинені, і воно нормально експлуатується.

Загальні питання організації і технології робіт по посиленню фундаменту вдавлюють палями вивчалися в НШпромстрое і завершилися складанням "Інструкції з підсилення фундаментів аварійних і реконструйованих будівель багатосекційними палями" (ВСН 16-84) Мінпромстрою.

У верхній зоні фундаменту готують штрабу (виїмку) для кріплення опорно-розподільчої плити, яку вмонтовують в цих виїмках. Змонтовану плиту додатково привантажують контрвантажами і, по можливості, якорять до спеціальних опор. Опорну плиту також кріплять до фундаменту за допомогою бандажів. В результаті утворюється єдина цілюстна система «плита – фундамент».

По центру отворів опорної плити готують лідерні шурфи, які призначені задати потрібний напрям руху вдавлюваної палі. У розроблені шурфи ставлять лідерні секції паль. На головки усіх паль ставлять гідродомкрати і приєднують до гідронасосу з використанням розподільника, забезпечуючи тим самим синхронну роботу всієї системи. Гідродомкрати ставлять таким чином, щоб забезпечити опирання штока на оголовки занурюваних паль, а основи – до поверхні опорної плити. Після цього проводять вдавлювання паль одночасно всіма домкратами на відповідну довжину ходу штока.

Для подальшого вдавлювання палі гідродомкратом надають зворотний хід штока і на оголовки палі встановлюють спеціальні наставки. Цикл роботи гідродомкратів повторюють до повного занурення лідерних секцій палі. Потім встановлюють наступні секції усіх вдавлюваних палі (відповідно 2-х або 4-х). Секції металевих палі з'єднують електрозварюванням, а залізобетонних – через розтруби. У подальшому всі операції повторюють до повного занурення палі до проектної відмітки. Вдавлювання останніх секцій кожної палі проводять зусиллями, які перевищують розрахункове в 1,5...1,8 разу.

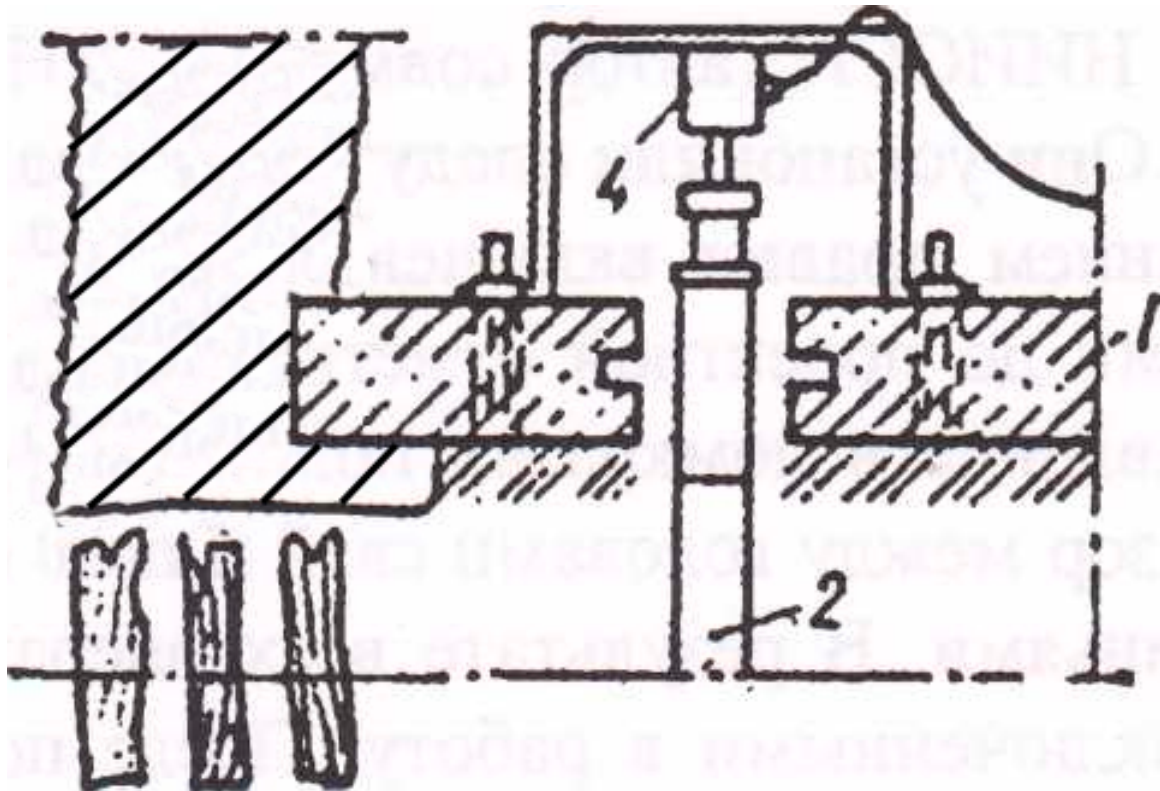
По завершенню заглиблення палі гідродомкрати демонтують і проводять бетонування порожнин крізь отвори в опорній плиті. Бетонну суміш подають бетононасосом і ущільнюють вібротрамбівками. У металеві палі закладають арматурні каркаси, окремі секції яких з'єднують між собою електрозварюванням.

Оголовки палі омонолічують разом з опорною плитою, чим досягається спільна робота існуючого фундаменту і вдавлюваних палі.

Палі можуть проходити всю просадочну товщу ґрунту і стояти на міцному шарі, або можуть бути такими, що «висять».

Перевагами технології вдавлювання є:

- порівняно висока продуктивність, яка складає 6...8 палі в зміну;
- надійніший спосіб контролю якості;
- відсутність динамічних і шумових дій, що важливе в умовах виконання робіт в зоні експлуатованих будівель;
- відсутність впливу на основи фундаментів близько розташованих будівель;
- низька енергоємність і економічність.



1 - залізобетонна плита; 2 - пале "Мега"; 3 - анкерне пристосування;
4 – домкрат

Рисунок 3.9 - Вдавлювання паль типу через вікна в залізобетонній плиті

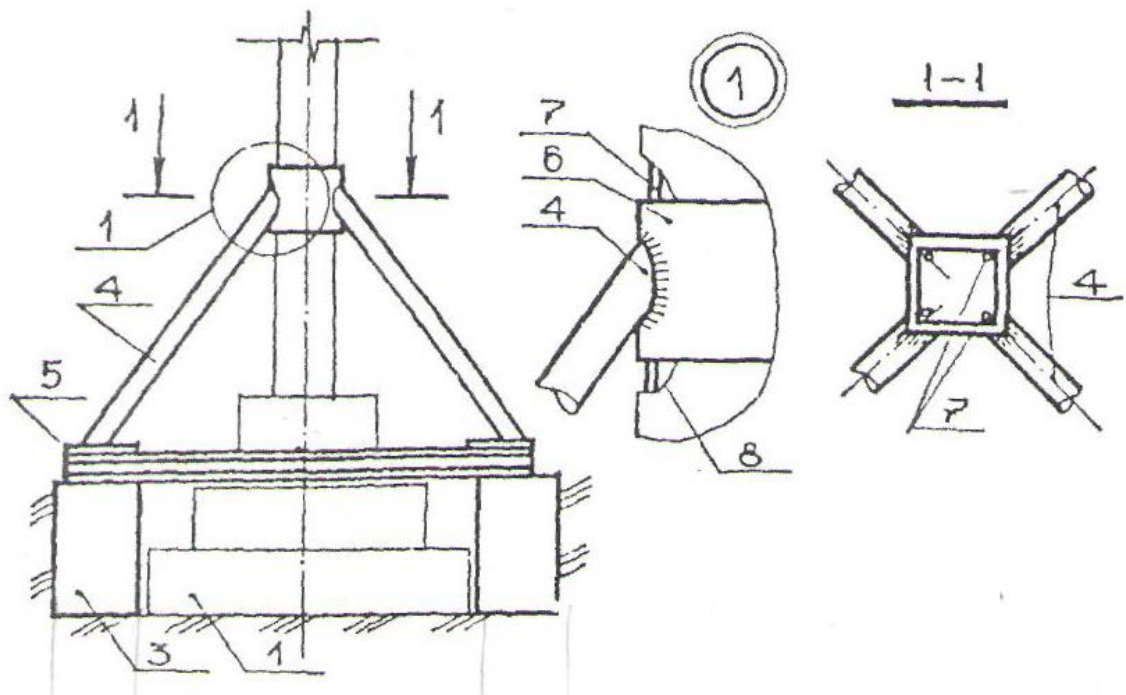
3.5 Технології підсилення стовпчатих фундаментів перенесенням частини навантаження від колони на додаткові опори

Достатньо перспективними можуть розглядатися технології підсилення фундаментів шляхом їхнього часткового розвантаження. Технології дозволяють за допомогою системи опор перенести навантаження від колони на додаткові опори, розміщені навколо фундаменту. Для цього виготовляють палі в одному з варіантів – буронабивні, буроін'єкційні, вдавлювання, струменево-змішувальні, цементно-грунтові.

Для виконання робіт використовують такі пристосування:

- металева обойма з розкосами. Обойма може бути виготовлена з листового або кутикового прокату, розпірки – з кутикового, швелерного або трубного прокату;
- металеві балки, за допомогою яких об'єднуються оголовки паль. Балки між собою зварюють, в результаті чого вони загалом утворюють своєрідну опорну плиту;
- відбійний молоток для оголення арматурних стрижнів колони;
- зварювальний апарат для виконання монтажних робіт по встановленню системи опорних пристосувань;
- монтажний рівень, рейка, метр.

Технологічне вирішення часткового розвантаження колони для зменшення тиску на фундамент показано на рисунку 3.10.



1 – підсилюваний фундамент; 2 – залізобетонна колона; 3 – палі підсилення фундаменту; 4 – металеві розкиси; 5 – металеві балки; 6 – металева обойма, приварена до арматури колони; 7 – арматура колони; 8 – оголена від захисного шару ділянка колони

Рисунок 3.10 - Передача частини навантаження від колони на основу

Представлений варіант має суттєвий недолік – об'ємне розміщення опірних конструкцій (чотирьохстороннє), що зменшує виробничі площі та неможливо виконати біля стінового огородження. Тому більш прийнятним варіантом може бути розміщення спирання двостороннє.

Технологічний процес виконують в такій послідовності: за допомогою відбійного молотка видаляють захисний шар бетону по всьому периметру колони. Ширина оголеної ділянки перевищує ширину обойми на 50...60 мм для можливості приварювання обойми до оголеної арматури колони.

Оголовки передчасно улаштованих паль перевіряють на предмет відсутності нерівностей та ідентичності відміток рівня. Перевірку проводять за допомогою монтажного рівня та дерев'яної рейки. При наявності різних відміток встановлюють маячні мітки для можливості послідуочого вирівнювання за допомогою металевих пластин або зняттям зайвого матеріалу з оголовка. Рішення приймають в залежності від матеріалу палі.

На підготовлену поверхню оголовків паль встановлюють металеві балки та зварюють між собою з використанням пластин –накладок, в результаті чого утворюється рама.

До арматурних стрижнів оголеної ділянки колони послідовно приварюють чотири пластини або кутики та зварюють їх між собою, в результаті чого утворюється обойма, міцно скріплена зверху і знизу з арматурою.

Підготовлені розкиси встановлюють на кутах металевої рами та приварюють монтажним швом послідовно по діагоналях. Після цього розварюють нижні місця опирання теж в протележних кутах, а потім – верхні.

Роботи завершують перевіркою горизонтальності рами, відсутності щілин в місцях прилягання балочної рами до поверхні паль. При наявності щілин їх усувають металевими пластинами, які теж прикріплюють зварюванням до балок.

Оголені місця арматури фарбують, а після висихання наносять захисний шар з мілкозернистого цементополімерного бетону. На поверхню металевої конструкції наносять антикорозійне лакофарбове покриття.

3.6 Розроблення і аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів буроін'єкційними палями

Вибір буроін'єкційних паль для реконструкції фундаментів базується на підвищеній несучій здатності та можливості забезпечити попередження просідання будівель. Такі палі можуть бути влаштовані в декількох варіантах: нахилені під подошвою фундаменту; нахилені і пронизуючі тіло фундаменту; вертикальні і пронизуючі тіло фундаменту.

Для виконання робіт використовуються пересувні бурові станки колонкового буріння з перфораторами.

Свердловини вирубують станками роторного буріння СБА-500, які виконують буріння свердловин через фундаменти, підлоги та інші структурні елементи під будь-яким кутом. Невеликі габарити машини, відсутність вібрацій і вплив ударів дозволяють успішно використовувати його в стіснених умовах реконструйованих будівель.

Технологічний цикл влаштування буроін'єкційних паль включає: підготовку майданчика; маркування місць буріння; влаштування свердловин на проектну глибину, яка перевищує глибину закладання фундаменту. Потім роблять армування та нагнітання бетонної суміші з подальшим обпресуванням. При наявності слабких ґрунтів і великої глибини свердловин використовують обсадні труби.

Невеликі габарити бурової установки дозволяють виконувати роботу як з лицьового боку будівлі, так і з підвальних приміщень. Ця обставина значно

знижує матеріаломісткість і трудомісткість. Використання алмазних коронок може значно прискорити цикл буріння.

Якість виконання робіт контролюється поопераційно: контроль здійснюється при маркуванні бурових майданчиків, встановленні кута нахилу, глибині буріння. Буріння свердловин вимагає оцінки характеру і глибини ґрунтів, що визначається за вибраними кернами. Стійкість свердловин забезпечується установкою обсадних труб або свердлінням під шаром глинистого розчину при наявності підземних вод.

Особливе місце в операційному контролі приділяється якості бетонної суміші, її технологічним і фізико-механічним властивостям, характеру армування і точності установки армокаркасів в проектне положення, дотриманню тепло-вологого режиму твердіння бетону. Всі контрольовані параметри відображаються в матеріалах технологічних карт та проектів виробництва робіт.

Для уточнення несучої здатності палі здійснюється контрольне свердління з вказаними параметрами. Результати випробування контрольних паль дозволяють внести корективи в конструктивне рішення щодо зміцнення фундаментів.

Зміцнення фундаментів буроін'єкційними палями є найбільш ефективним в слабких ґрунтах. Беручи модель у вигляді тонких і відносно довгих вигнутих будівель, які розташовані в пружному напівпросторі, їх стійкість для лінійно деформованого навколишнього середовища оцінюється під впливом навантажень. Довга і гнучка паля-стійка може деформуватися в результаті вибухування. Під дією сили втрата стійкості досягається шляхом вигину.

Вітчизняний і закордонний досвід показує, що використання буроін'єкційних паль є однією з ефективних технологій зміцнення фундаментів будівель. Вони використовуються для відновлення бутового і цегляного фундаментів старої будівлі з основою на дерев'яних лежнях і

палях, які втратили несучу здатність під час довгострокової експлуатації.

Влаштування буроін'єкційних паль здійснюється як ззовні будівлі, так і від рівня першого поверху. При цьому глибина паль приймається з умови їхнього спирання в щільних шарах землі.

Буроін'єкційні палі виконують армованими з окремих стрижнів діаметром до 25 мм в класу А400, з перетином від 93 до 135 мм і арматурними каркасами з робочою арматурою в 4 стрижні діаметром 16-18 мм сталі класу А400. При перетині паль 150-200 мм використовують дрібнозернисті високорухомі бетонні суміші класу бетону не нижче С 15/20.

3.7 Розробка та аналіз конструктивно-технологічних рішень реконструкції фундаментів

В технологіях електроімпульсного ущільнення бетону буроін'єкційних та буронабивних паль використовуються короткострокові імпульси великої потужності в тілі свердловини, заповненою рухомою бетонною, або цементно-піщаною сумішшю з метою ущільнення прилеглих до свердловини ґрунтів основ. Для створення імпульсів використовуються спеціальні установки, які забезпечують підвищення напруги від 220-380 В до 4,0-10 кВ.

Електроенергія підвищеної напруги після проходження через випрямляч, накопичується в блоці конденсаторів. Потім накопичена енергія подається на випромінювач, поміщений в пластичну бетонну суміш. Випромінювач складається з двох електродів з фіксованою відстанню між ними. Коли подається напруга, утворюється розряд, що супроводжується збільшенням температури і гідродинамічного тиску до 10^7 - 10^8 МПа на період часу 10^{-4} - 10^{-5} с. В результаті гідравлічного удару утворюються сферичні хвилі стиснення, які через рідку фазу бетонної суміші поширюються в

прилеглому до свердловини ґрунті, ущільнюючи його та розширюючи стінки свердловини. Сукупність факторів ущільнення ґрунту стінок свердловини та бетонної суміші дає збільшення несучої здатності палі в 2 рази, опір ґрунту п'ятою збільшується в 1,3-2,0 рази, а на бокових поверхнях – в 1,2-1,5 рази.

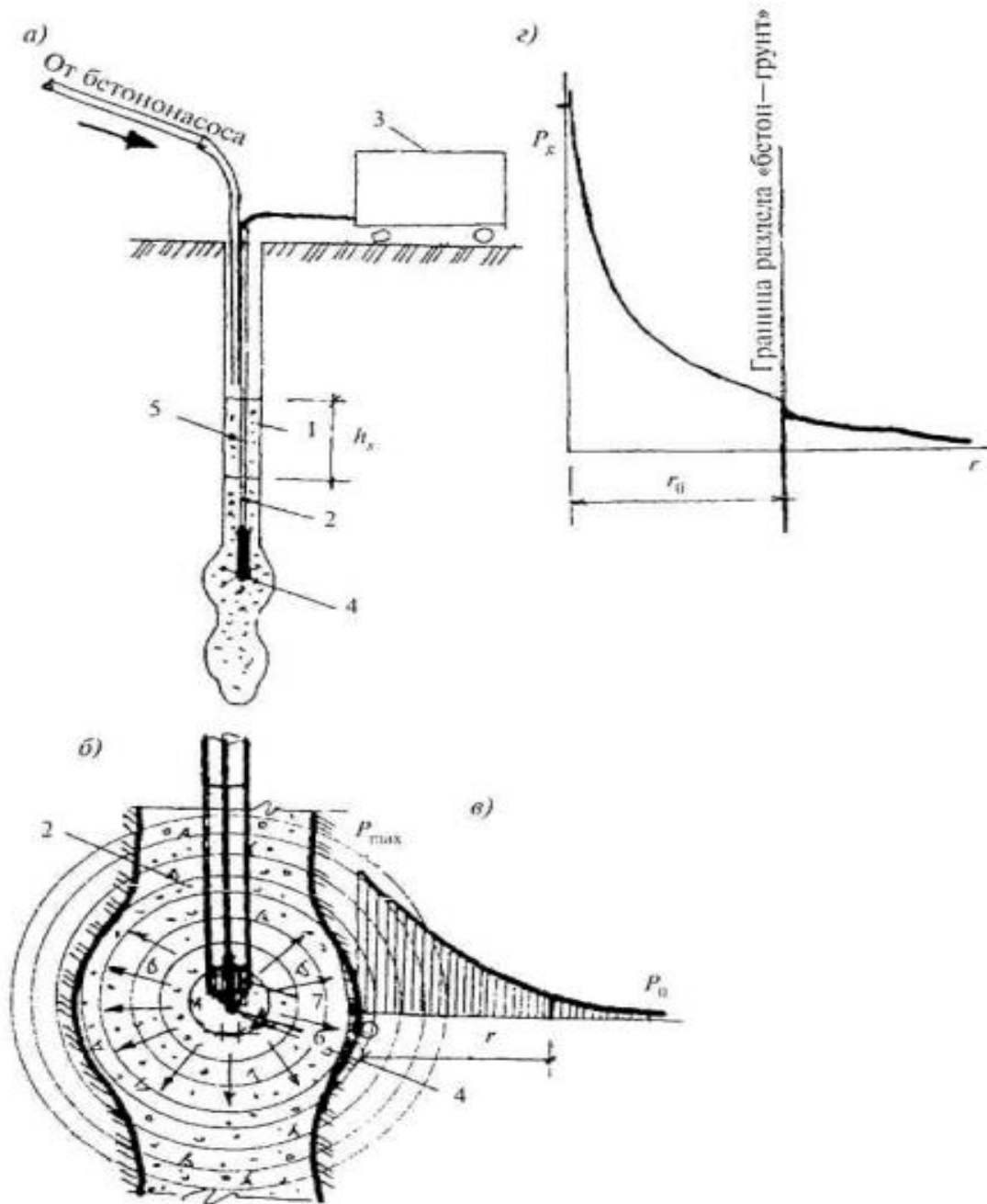
На рисунку 3.11 показано принципову схему формування електрогідравлічних імпульсів в бетонній суміші і динаміку переносу диску на стінки свердловин.

Поширення сферичних хвиль через бетонну суміш забезпечує ущільнення стін свердловини.

Для збільшення технологічного ефекту доцільно використовувати високопластичні суміші із добавкою суперпластифікатора с-3 в обсязі 0,2-0,3 маси цементу. Низька компресія суміші створює передумови для більш ефективної передачі імпульсів до стінок свердловини.

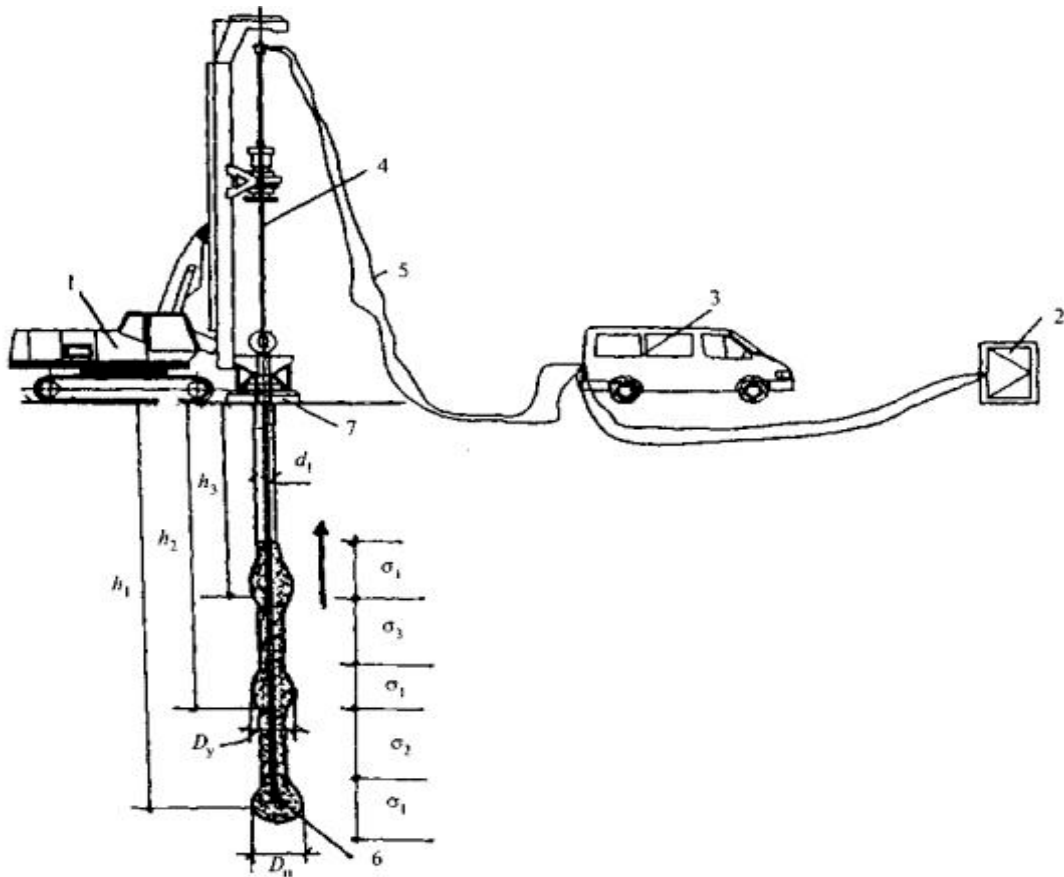
Технологічна послідовність операцій при виготовленні палі складається з: установки інвентарного кондуктора; буріння свердловини і установки обсадної труби; наповнення свердловини дрібнозернистою литою бетонною сумішшю рухливістю П5; установці електродної системи в забій свердловини і обробці п'яти палі; імпульсної обробки стовбура палі за розрахунковим режимом з додаванням бетонної суміші; занурення арматурного каркасу; демонтажу інвентарного кондуктора; формування оголовка палі.

При виконанні робіт необхідно визначити так званий відказ, тобто таке камуфлетне розширення, при якому подальший розрядно-імпульсний вплив не приводить до розширення порожнини палі. Ця умова контролюється зниженням і стабілізацією рівня бетонної суміші.



a - загальна технологічна схема; *б* - механізм розрядника та механізму ущільнення стінок свердловини; *в* - розподіл щільності ґрунту, суміжного із свердловиною; *г* - розподіл пульсації тиску в бетонній суміші і ґрунті;
1 - свердловина; *2* - занурювана труба з розрядником; *3, 4* – генератор імпульсного току; *5* – литьова бетонна суміш; *6, 7* - розрядник із ізолятором; P_{\max} - щільність ґрунту після електроімпульсного впливу;
 P_0 - початкова щільність.

Рисунок 3.11 - Схема формування електрогідрравлічних імпульсів при влаштуванні паль



1 - буровий станок; 2 - трансформаторна підстанція; 3 - генератор імпульсного току; 4 - металева труба для розміщення системи подачі напруги; 5, 6 - розрядник; 7 - кондуктор; D_n - діаметр розширення п'яти; D_y - діаметр розширення по висоті палі; d_1 - діаметр свердловини; S_1-S_1 - стійкість шарів ґрунту до ущільнення

Рисунок 3.12 технологічна схема влаштування паль за розрядно-імпульсній технології

Особливе місце при виконанні робіт відводиться процесу розширення «п'яти», що в цілому визначає несучу здатність палі. Методика визначення несучої здатності паль проводиться згідно з нормативним документом ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд.

Технологічний ефект від використання електроімпульсної технології ілюструється даними контрольних випробувань паль без опресування, з обпресуванням під тиском 0,4 МПа і паль з електроімпульсним ущільненням

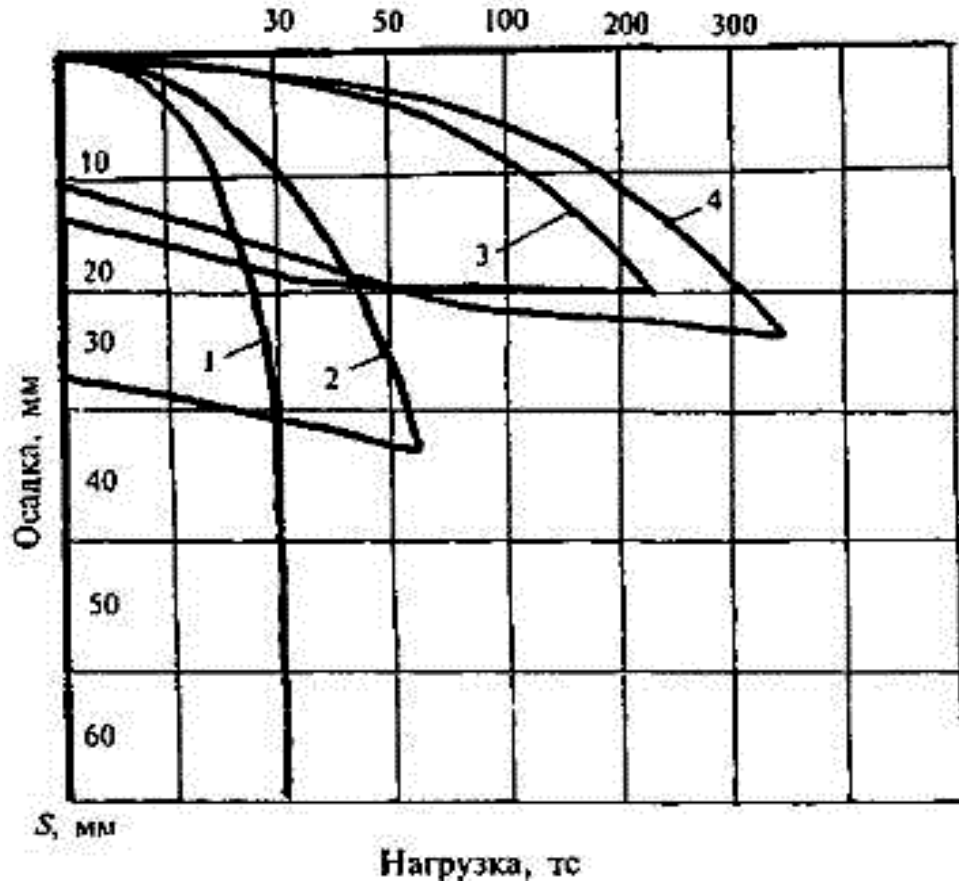


Рисунок - 3.13 Порівняльний аналіз паль без опресування (1), з опресуванням під тиском 0,4 МПа (2) і паль з електроімпульсним ущільненням (3), (4)

Дво-три разове підвищення несучої здатності і зниження осадки зареєстровані для складних інженерно-геологічних умов при реконструкції об'єктів різного технологічного призначення.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз відомих технологій попередження появи просадочності будівель, в основному, направлені на розширення підшови фундаментів за рахунок улаштування залізобетонних або металевих обойм, а також підведенням залізобетонних плит під фундамент з перетворенням їх з окремо стоячих в стрічкові. Такі технології пов'язані з необхідністю розробки котлованів і виїмок, потребують підвищених трудомісткості, вартості, тривалості робіт.

2. В результаті аналізу а сучасних технологій зроблено висновок, що вони можуть ділитися на дві групи. Одна, перша, базується на формуванні під існуючими фундаментами міцної плями із закріпленого ґрунту, утвореного ін'єктуванням рідинного скла (силікатизація), полімерних (смолизація), цементних (цементация) сумішей в ґрунт основи.

До іншої групи технологій підсилення фундаментів все більшого поширення набувають рішення, в яких використовується принцип передачі частини навантаження на палі. При цьому використовують палі втискування, буронабивні, буроін'єкційні, струменеві, струменево - змішувальні, ґрунтозмішувальні. В названих технологіях потрібне часткова виконання розробки котловану з тим, щоб об'єднати існуючий фундамент і додатковий ростверк на оголовках утворених паль.

3. Раціональнішою можливо оцінювати технологію, яка не вимагає додаткової розробки котловану, а передбачає передачу частини навантаження від колони через обойму на оголовки паль, що виготовляються безпосередньо з поверхні землі.

4. До перспективних технологій виготовлення нових фундаментів можуть бути віднесені два головні варіанти:

- монолітні залізобетонні плити та стрічкові ґрунтозмішувальні в житловому і цивільному будівництві. Ці технології характеризуються високим ступенем механізації робіт;

- фундаменти - палі, що виготовляються безпосередньо в ґрунтових масивах.

Найбільш широке використання знайшли технології:

– буро-ін'єкційні (ін'єктування бетонних сумішей під товщу ґрунту заздалегідь розробленої свердловини) по порожнистій буровій штанці під час дії підйому;

– буронабивні (заповнення заздалегідь розроблених свердловин спеціальними сумішами з ущільненням після виїмки ґрунту);

– ґрунтозмішувальні (свердловини розробляються без виїмки ґрунту з тим, щоб подальшим додатковим зрізанням ґрунту із стінок змішувати з цементною пастою, яка нагнітається по порожній штанці під час підйому);

– струменеві і струменево-озмішувальні (у заздалегідь розробленій свердловині без виїмки ґрунту відбувається додаткове різання і змішування ґрунту під дією високонапірного струменя цементної пульпи і води).

5. Ґрунтозмішувальні, а також струменеві і струменево-змішувальні технології відносяться до перспективних завдяки простоті виготовлення палей, економічності, достатній несучій здатності, можливості армування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богомолов, А.Н., Пономарев А.Б., Богомолова О.А. Определение давления грунта на противооползневые удерживающие сооружения на основе анализа напряженного состояния приоткосной области : *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. Москва, 2015. №3. С. 5-21.
2. Братан Ф.И., Данилова Е.А., Хотулева Е.И., Окольников Г.Э. Современные методы усиления оснований. Системные технологии. 2020. № 37. С. 20-24.
3. Волосюк, Д.В. Технология устройства комбинированных свайно-плитных фундаментов с опрессовкой основания : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08. Тюмень, 2019. 182 с.
4. Готман Н.З., Сафиуллин М.Н. Расчет и проектирование усиления плитного фундамента грунтоцементными сваями. *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. Москва, 2017. №4. С. 64-73.
5. Грушин Н. В. Анализ методов работ по усилению фундаментов существующих зданий : *Молодой ученый*. 2019. №16.
6. Губкін В.А. Усиление оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений. Будівельні конструкції : зб. наук. праць. Київ : НДІБК, 2008. Вип. 53. С. 89-94.
7. Давлатов Д.Н., Усиление ленточных свайных фундаментов переустройством в комбинированный с опрессовкой и цементацией основания : Научный доклад о результатах научной квалификационной работы. Тюмень, 2018. 16 с.
8. ДСТУ Н Б В.1.1-39:2016. Настанова щодо інженерної підготовки ґрунтової основи споруд. [Чинний від 01.04.2017] Вид. офіц. Київ, 2016. 122 с.
9. Зехниев, Ф.Ф. Экспериментальные и численные исследования

эффективности применения геотехнических экранов при защите городской застройки в зоне влияния глубоких котлованов. Строительные науки. 2016. № 14. С.141–147.

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

11. Коннов А.В. Исследование деформаций сооружений при использовании активного защитного мерориятия с применением дополнительной цементации // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции. Москва, 2016. С. 1042-1045.

12. Коннов А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания с защитными мероприятиями в зоне влияния глубокого котлована // Жилищное строительство. 2020. №1-2. С. 44-50.

13. Коновалов П.А., Коновалов В.П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: 5-е изд. перераб. и доп.– М.: Издательство АСВ, 2011. – 384 с.

14. Маций, С. И. Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со сваями / С. И. Маций, Ф. Н. Дерсвенец // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. №4. С.8-12.

15. Морозов Е.Б., Чунюк Д.Ю. Учет технологических деформаций при усилении грунтов основания аварийных и реконструируемых зданий// Естественные и технические науки. 2015. №3(81). С. 210-212.

16. Наукові основи розвитку будівельної галузі України: монографія / під. ред. І. А. Арутюнян . Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 460 с.

17. Никифорова Н.С., Нгуен Ван Хоа, Коннов А.В. Деформации слабых грунтов при откопке глубоких котлованов в сейсмических районах и защита окружающей застройки // БСТ – Бюллетень строительной техники.

2018. №6. С. 62-64.

18. Никифорова Н.С., Коннов А.В., Нгуен Ван Хоа, Простотина Л.А. Влияние устройства отсеченных экранов, выполненных по струйной технологии, на осадку окружающей застройки // Жилищное строительство. – 2019. №7. С. 3-8.

19. Носков И.В., Швецов Г.И. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: Учебник. – М.: Абрис, 2012. – 134 с.

20. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / Под. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова М., Стройиздат, 2007. 479 с.

21. Окольников Г.Э., Зуев С.С., Царева А.Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. Системные технологии. 2020. № 1 (34). С. 35-38.

22. Полищук, А.И. Оценка работы разделительных ограждений в слабых глинистых грунтах, устраиваемых для защиты существующих зданий от влияния нового строительства/ А.И. Полищук, А.С. Межаков //Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2016. – №2. – С.124-131.

23. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по строит. спец. / под ред. Б. И. Далматова. - 3-е изд. - М. ; СПб. : АСВ, 2006. - 428 с.

24. Прыгунов М.А. Особенности проектирования буроинъекционных свай повышенной несущей способности// Мат. Респ. Конф./ Казань: КГАСА, 2002. с. 36-40.

25. Сапин, Д.А. Осадки фундаментов зданий соседней застройки при устройстве траншейной «стены в грунте» / Д.А. Сапин // Жилищное строительство. – 2015. – № 4. – С.8–13.

26. Самченко Р. В., Юхименко А. І., Степура І. В. «Спосіб вирівнювання будівель, споруд», Патент України Е 02Д 35/00. №132167 МПК (2018.01), 11.02.2019.

27. Самченко Р. В. Врахування зміни характеристик ґрунтів основ за наслідками їх обтиснення фундаментами у процесі експлуатації будівель для усунення їх деформованого стану / Р. В. Самченко, А. І. Юхименко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки. - 2018. - Т. 29(68), № 6(2). - С. 194-198.

28. Сотников, С.Н. Упрочнение ґрунтов в основании фундаментов здания в г. Санкт-Петербурге. Теоретические и практические проблемы геотехники, межвуз. сб. тр. СПб : СПбГАСУ. 2005. С. 18-25.

29. СП 22.13330.2016. Актуализированная версия СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. Москва : ФГУП ЦПП, 2011. 162 с.

30. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: пат.65455А Україна: МПК Е 02Д 35/00, Е 02Д 35/00. № 2003109485; заявл. 21.10.2003; опубл.15.03.2004, Бюл.№3. 2004. 12 с.

31. Спосіб реконструкції будинків, споруд: Пат. України №83660, Е02D 3/12, Е02D 5/34./ Самченко Р.В., Павлов І.Д., Юхименко А.І., Степура І.В., Степура С.І. (Україна) - u2013 02945; Заява 11.03.2013; Опубл. 25.09.2013, Бюл. №18. 2013. 5с.

32. Степура І.В., Павлов А.В., Самченко Р.В. Устранение кренов высотных сооружений. Світ геотехніки. 2008. №2. С.17-21.

33. Степура І. В., Шокарев В. С., Павлов А. В. «Об устранении кренов деформированных зданий», Будівельні конструкції. Київ: НДІБК, 2008. Вип. 71. Кн. 2. С.119 – 129.

34. Улицкий В.М., Подземные сооружения в условиях городской застройки на слабых ґрунтах. Гидротехника. 2010. №2. С.46–50.

35. Шулятьев, О.А. Освоение подземного пространства городов. Москва : Изд-во АСВ, 2017. 510 с.

36. Щерба Д.В., Бекжанов Д.Л., Анненков В.В. Деформации оснований, сложенных, рыхлыми песками. Строительство - формирование среды жизнедеятельности: Материалы второй международной седьмой межвузовской

научно-практической конференции молодых ученых аспирантов и докторантов (26-27 июня 2004 г.). Книга 1. МГСУ. 2004 г. С 188-191.

37. Юхименко А.І. Технологічні аспекти горизонтального армування ґрунтів основ фундаментів за бурозмішувальним методом. Світ геотехніки. 2015. №3. С. 21-25.

38. Юхименко А. І. Технологія підсилення основ при відновленні деформованих будівель та при реконструкції об'єктів в стиснених умовах. Будівельні конструкції. 2016. Вип. 83(2). С. 528-534.

39. Ang, E.-C. Numerical investigation of limit soil pressure for design of pile stabilized slopes / E.-C. Ang, J. E. Loehr, D. E. Smith // Proc. 11th Internat. conf. of IACMAG. -Torino, 2005. -V. 2. -pp.319-326

40. Lee, T.-H. An experimental study for reinforcing the ground underneath a footing using micropiles. J.-C. Im, C. Kim, M. Seo. Geotechnical Testing Journal. Volume 41, Issue 4, 2018. Pp. 648-663.

41. Okolnikova G.E., Grishin G.E., Kurbanmagomedov A.K., Bronnikov D.A. EXPERIMENTAL STUDY OF THE MODIFIED HIGH-STRENGTH COARSE-GRAINED CONCRET. Системные технологии. 2019. № 2 (31). С. 25-31.

42. Shamsi Sosahab, J. Physical and Numerical Modeling of Piled Raft Foundation in Chamkhaleh Sand. M. Jamshidi Chenari, R. Jamshidi Chenari, M. Karimpour Fard. International Journal of Civil Engineering. Volume 17, Issue 6, 1, Pp. 2019. 765-779.

43. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. 5th edition. Volume 2. Butterworth-Heinemann, 2000.